

Université de Montréal

L'intelligence artificielle : une certaine intelligence du social

*Par*

Didier Fayon

Département de sociologie de l'Université de Montréal, Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sociologie

Décembre 2020

© Didier Fayon, 2020

Université de Montréal  
Département de sociologie

---

*Cette thèse intitulée*

**L'intelligence artificielle : une certaine intelligence du social**

*Présenté par*

**Didier Fayon**

*A été évalué(e) par un jury composé des personnes suivantes*

**Céline Lafontaine, sociologue**

Président-rapporteur

**Paul Sabourin, sociologue**

Directeur de recherche

**Céline Lafontaine, sociologue**

Présidente du jury

**Pierre Livet, philosophe**

Examineur externe

**Nicole Ramognino, sociologue**

Examineur externe

## Résumé

Du point de vue d'une sociologie de la connaissance, la recherche contemporaine en intelligence artificielle tire son originalité de l'intérêt porté à la modélisation de la connaissance ordinaire, ce savoir engagé dans la vie de tous les jours (ex. aller l'épicerie, prendre son petit déjeuner). Les entreprises Facebook ou Google, le fameux GAFAM ainsi que les services de musique et de vidéos en ligne capturent et modélisent les faits et gestes du quidam afin de remettre les résultats de leurs calculs en jeu dans cette même vie courante. La recherche en IA porte également sur la mise en forme de savoirs savants et professionnels tout comme durant les années 1960 et 1970, mais cette thèse ne s'y intéressera pas.

Dans le cadre d'une sociologie des sciences et des techniques, je me questionne sur ce que nous, en tant que civilisation occidentale, faisons du développement technologique, du monde que nous construisons à l'aide des diverses techniques. Ma préoccupation ne porte pas sur les choix des objets privilégiés par la recherche des laboratoires publics et privés, mais sur les usages, les débouchés selon la question très générale : en quoi telle technique modifie-t-elle ou non notre façon de vivre ? Or, cette question relève d'un exercice de prospective dans la mesure où bien souvent nous ne possédons pas assez de recul sur ces techniques. Elle demeure malgré tout une préoccupation d'arrière-plan de mes questions de recherche. En effet, ces modèles d'apprentissage machine, trouveraient-ils leur place au sein d'une civilisation qui n'accorderait pas autant d'importance à l'efficacité, à la productivité, à la rentabilité, à la science ou encore au travail ? Aussi, viennent-ils entériner l'ordre établi ou bien offrent-ils de nouvelles possibilités d'existence ?

Comprendre minimalement l'artefact d'un point de vue technique et saisir du point de vue de la sociologie la façon dont les chercheurs pensent leurs objets nous éclaire sur les catégories de pensées principales qui orientent ces usages et le cas échéant sur les éventuels effets sociétaux. En l'occurrence, l'idée de modéliser de nombreuses activités de la vie quotidienne repose sur une représentation à priori de celle-ci de la part de chercheurs localisés socialement par leur profession et plus généralement leurs relations sociales diverses. Quelle est

cette représentation et comment est-elle opérationnalisée dans les modèles ? Posée autrement, de quels rapports au monde témoignent ingénieurs et informaticiens par l'intermédiaire de leurs connaissances professionnelles, savantes et ordinaires ? Ainsi, dans cette thèse, mon travail se ramène à informer de la dimension sociale propre à la technique étudiée. À partir d'entretiens auprès de chercheurs en IA, la question de recherche est la suivante : *quels sont les savoirs et raisonnements chez les chercheurs au fondement de l'élaboration des algorithmes relevant de l'intelligence artificielle contemporaine et qui construisent une représentation opératoire particulière de la vie sociale ?* Exprimée en terme sociologique, cette question devient : *en quoi les modèles d'apprentissage sont-ils un nouveau « modèle concret de connaissance » pour les usagers et informaticiens selon le concept développé par le sociologue Gilles Houles ?*

Les modèles dits d'apprentissage sous-tendent une conception relationnelle de la constitution de la connaissance humaine et d'un rapport à la réalité médié par l'action comme moyen d'actualisation de cette connaissance. Résumé simplement, le concept sociologique de « modèle concret de connaissance » objective les deux modalités d'existence de la vie humaine que nous retrouvons empiriquement sous deux concepts informatiques : symbolique (leur modèle mathématique) et l'action ou « l'agent informatique » ou « celui qui agit », que ce concept soit mobilisé ou non par les chercheurs.

En somme, ces modèles en relation les uns avec les autres et matérialisés dans les objets dits connectés ou « smart » (ex. téléphones, électroménagers) forment un schéma opératoire organisateur de la vie sociale. Ce côté opératoire repose sur la position de « tiers médiateur » ou de « mémoire sociale technicisée » dans les relations humains-humains via machines. Je m'appuierai sur le concept de mémoire sociale et de morphologie sociale développée par le sociologue Maurice Halbwachs. Autrement dit, ce réseau d'objets connectés et d'êtres humains se ramène à l'instauration d'un cadre cognitif collectif particulier, issu des représentations sociales de groupes professionnels précis, mais mises en jeu dans la vie courante de tous, soit une institutionnalisation en cours.

En effet, la diffusion et l'adoption des modèles découlent d'un processus de reconnaissance publique de savoirs sous-jacents et déjà institutionnalisés, pour l'essentiel, les

mathématiques et l'ingénierie, le savoir implicite des « sciences de la gestion » et un savoir dit « scientifique » par les chercheurs.

Plus précisément, le processus en cours consiste en l'institution d'êtres humains et de machines apprenantes en liens permanents via les objets connectés (« Internet of Things »). Au final, elle consiste en une mise en réseau des « régularités sociales » obtenues par classifications et régressions effectuées par les détenteurs des données. Je parlerai d'une « morphologie sociotechnique » ou d'une « configuration sociotechnique ». À la figure du robot polyvalent anthropomorphique censé condenser toute la mise en pratique du savoir sur l'IA, se substitue celle de relations sociales informatisées comme lieux du maintien des liens entre êtres humains par un concentré de savoirs et idées hétérogènes tels qu'un être humain ayant besoin d'aide ou la nécessité de la créativité par exemple. À l'usage, s'établit un type de lien social entre êtres humains via les machines pris entre la réduction propre à tout modèle de l'objet sur lequel il porte, la flexibilité qu'offre la possibilité d'ajustement (le côté « learning ») et le sens donné à l'action par l'utilisateur lambda. L'idéologie comme « mode de connaissance » du réseau sociotechnique est partie prenante de cette institutionnalisation en cours. Elle offre un cadre cognitif qui remet en cause la diversité produite par la division habituelle du travail sémantique au sein des ensembles sociaux en fournissant un modèle de légitimité, soit le discours du « partage ».

L'accent mis par cette thèse sur les « sciences de la gestion » et la notion de réseau l'inscrit dans le prolongement des études des trente dernières années sur cette « société informationnelle » de Manuel Castells, une « nouvelle représentation générale des sociétés » en réseau en suivant Luc Boltanski ou encore « l'esprit gestionnaire » qui s'empara des fonctionnaires d'État selon le sociologue Albert Ogien.

**Mots-clés** : réseau, intelligence artificielle, mémoire sociale, modèle concret de connaissance, machine Learning, apprentissage machine, modèle, économie du partage, idéologie.

## Abstract

From the point of view of a sociology of knowledge, contemporary research in Artificial Intelligence (AI) draws its originality by its interest in the modeling of ordinary knowledge, that knowledge engaged in everyday life. The companies Facebook or Google, the so-called GAFAM, as well as online music and video services, capture and model the facts and gestures of the average person in order to put the results of their calculations back into play in its very everyday life. The research in AI also deals with academic and professional knowledge as it did in the 1960s and 1970s, but this thesis will not focus on it.

Within the framework of a sociology of science and technology, I question what We, as the Western civilization, do with technological development, about the world we build with the help of various techniques. My concern is not with the choice of research objects privileged by public and private laboratories, but with the uses, the outlets according to the very general question: In what way does such a technique modify or not our way of living? Now, this question is an exercise in foresight insofar as we often do not have enough hindsight on these techniques. Nevertheless, it remains a background concern of my research. Indeed, would these machine learning models find their place in a civilization that would not give as much importance to efficiency, productivity, profitability, science or work? Also, do they endorse the established social organization, or do they offer new possibilities of existence?

Understanding the artifact minimally from a technical perspective and grasping from a sociological point of view the way in which researchers think about their objects sheds light on the main categories of thought that guide these uses and, if applicable, on the possible societal effects. In this case, the idea of modeling many activities of daily life is based on an a priori representation of it by researchers who are socially situated by their profession. What is this representation and how is it operationalized in the models? Put differently, what relationships to the world do engineers and computer scientists have through their professional, academic and ordinary knowledge? Thus, in this thesis, my work comes down to informing the social dimension specific to the studied technique. Based on interviews with AI researchers, the question is as

follows: *What is the knowledge and reasoning of the researchers at the core of the algorithms of contemporary artificial intelligence and which build a specific operational representation of social life?* Expressed in sociological terms, this question becomes: *In what way are learning models a new "concrete model of knowledge" for users et researchers according to the concept developed by the sociologist Gilles Houles?*

The so-called learning models underlie a relational constitution of human knowledge and of a relation to reality mediated by actions as a means of actualization of this knowledge. Summarized simply, the sociological concept of "concrete model of knowledge" objectifies the two modalities of existence of the human life that we find empirically under two computing concepts: symbolic (their mathematical model) and the "action" as "the computing agent" or "the one who acts", whether this concept is used or not by the researchers.

In sum, these models in relation to each other and materialized in the notorious connected or "smart" objects (e.g. telephones, household appliances) turn social life into a sociotechnical network. Its operational side relies on the position of "third-party intermediary" or "technical social memory" in human-human relations via machines. I will draw upon the concept of "social memory" and "social morphology" developed by the sociologist Maurice Halbwachs. In other words, this network of connected objects and human beings comes down to the establishment of a particular collective cognitive framework, stemming from the social representations of specific professional groups, but put into play in the everyday life of all, that is to say an institutionalization in progress.

Indeed, the diffusion and adoption of the models stem from a process of public recognition of underlying and already institutionalized knowledge, essentially mathematics and engineering, the implicit knowledge of the "management sciences" and a knowledge called "scientific" by researchers.

More precisely, the process underway consists in the institution of human beings and learning machines in permanent links via connected objects ("Internet of Things"). In the end, it consists in the networking of "social regularities" obtained by classifications and regressions carried out by the data's owners. I will speak of a "sociotechnical morphology" or a "sociotechnical

configuration". The figure of the anthropomorphic multipurpose robot, which is supposed to condense all the practical application of knowledge on AI, is replaced by that of computerized social relations as places where links between human beings are maintained by a concentration of heterogeneous knowledge and ideas, such as a human being in need of help or the need for creativity, for example. In use, a type of social link between human beings via the machines is established, caught between the reduction proper to any modelling of the object on which it concerns, the flexibility offered by the possibility of adjustment (the "learning" side) and the meaning given to the action by the lambda user. Ideology as a "mode of knowledge" of the socio-technical network is part of this ongoing institutionalization. It offers a cognitive framework that challenges the diversity produced by the usual division of semantic labor within social groups by providing a model of legitimacy, namely the discourse of "sharing".

The emphasis placed by this thesis on the "management sciences" and the notion of network places it in the continuity of the studies of the last thirty years on this "informational society" of Manuel Castells, a "new general representation of societies" into a network according to Luc Boltanski, or the "managerial spirit" which took hold of the State civil servants according to the sociologist Albert Ogien.

**Keywords:** network, artificial intelligence, social memory, concrete model of knowledge, machine learning, model, sharing economy, ideology.



# Table des matières

Résumé .....	iii
Abstract.....	vi
Table des matières .....	ix
Remerciements .....	xviii
Introduction .....	20
Peut-on faire de l'IA un objet d'étude de la sociologie ? .....	26
Comment parler de l'IA: monde fragmenté ou totalisation numérique ? .....	28
Un monde fragmenté .....	28
Une totalisation numérique .....	29
Une synthèse est-elle possible? .....	30
Appropriations et apprentissages, un impensé de la réflexion sur l'IA .....	31
Quelques Questions sur l'IA.....	33
Qu'est-ce que l'IA contemporaine?.....	33
Comment l'IA fonctionne-t-elle une fois dans les mains des usagers?.....	34
Pourquoi utiliserions-nous des algorithmes d'IA dans notre quotidien?.....	34
Pourquoi de nombreux informaticiens et ingénieurs se prennent-ils pour des scientifiques? .....	35
Où nous mène cette myriade d'algorithmes d'IA déployés?.....	35
L'IA comme objet social : le « modèle ML » .....	38
L'ambition de cette thèse .....	40
L'IA comme objet sociologique : « un modèle concret de connaissance ».....	42

La question de recherche et l'hypothèse.....	42
La thèse et les principaux concepts .....	44
Empirie et objectivation sociologique .....	46
Les chapitres.....	51
Mon intention de connaissance .....	51
De l'algorithme à la morphologie sociotechnique .....	52
Chapitre 1. Cadre théorique .....	59
Le schéma conceptuel .....	59
Le modèle ML : un « modèle concret de connaissance ».....	61
Le concept de « tiers médiateur » chez Halbwachs : la « mémoire sociale » .....	65
De la médiation à la morphologie sociale.....	68
La médiation.....	69
La morphologie sociale .....	70
L'institution chez Jean De Munck : une théorie de l'apprentissage selon une perspective épistémique et processuelle .....	72
L'usage du cadre théorique.....	78
Chapitre 2. La méthodologie.....	83
Les langages théoriques, opératoires et empiriques .....	84
L'espace montréalais de ce travail de recherche .....	90
La localisation sociale de l'étudiant sociologue .....	93
Les cadres sociaux de l'entretien .....	95
Les médias et le grand public .....	95
L'institution universitaire .....	96
Les mathématiques.....	96

Les sciences humaines .....	97
Les autres cadres .....	99
La sélection des chercheurs, de la documentation technique et leur analyse.....	100
Les chercheurs .....	100
Conférences et présentations, formations en ligne, livres, articles techniques.....	102
La construction de « l’observatoire » sociologique .....	103
La question de la représentativité : les « médiations » des matériaux.....	105
Chapitre 3. Le modèle ML, une activité de schématisation .....	109
Le modèle et son objet .....	110
Le modèle ML et son objet : une forme et un contenu.....	110
Le modèle ML et l’action : l’autre versant du caractère « concret » .....	113
Le modèle algorithmique comme opération de mise en relation .....	115
Le modèle ML : modèle statistique et modèle algorithmique.....	115
Le modèle ML et les sciences cognitives .....	118
Le modèle ML : un « modèle analogique ».....	119
Le quadruplet cerveau\humain et liens\modèle ML.....	120
Le quadruplet connaissance\humain et données\modèle ML.....	121
L’agent informatique, un concept intermédiaire entre humain et modèle ML .....	121
Humain et agent.....	122
Agent et modèle ML.....	124
L'humain et le modèle ML .....	126
Le modèle ML, une articulation des catégories d'« action » et de « problème » .....	128
La capacité d’action du modèle ML.....	128
But et autonomie .....	129
Prise de décisions et apprentissage .....	130

L'apprentissage .....	130
Les problèmes et leur résolution.....	131
Un monde de problèmes.....	132
Une conception élargie de la notion de problème .....	133
Le modèle ML : une opération de découpage de son objet .....	135
La place des mathématiques.....	135
L'apprentissage contemporain : le « representation Learning » .....	137
L'apprentissage au centre du modèle ML : le cas de l'approche neuronale .....	139
Remarques préliminaires .....	139
Principe .....	140
Apprendre, c'est modélisé .....	142
Apprendre, c'est généraliser .....	143
Apprendre, c'est découvrir un « patron ».....	144
Apprendre, c'est « produire de bonnes représentations » .....	145
Chapitre 4. Le modèle ML, un tiers médiateur technicisé .....	149
Le pendant de la « situation » : « state of the world » .....	150
Le modèle ML, une mémoire sociale technicisée .....	152
L'espace social : la rencontre de mémoires sociales et de mémoires sociales technicisées ..	155
Le caractère régulateur du modèle ML pour l'action humaine .....	155
Le dépassement de la situation par le modèle ML : un rapport forme/ contenu .....	157
La tierce médiation du modèle ML : la constitution d'une « mémoire sociale technicisée » .....	158
L'aspect idéal : l'exhaustivité des variables comme horizon .....	162
La limite de l'abstraction : « l'indexation » .....	163

Le modèle ML face à l'incomplétude des règles : l'irréductibilité sociale de l'action humaine .....	167
Chapitre 5. L'institutionnalisation du modèle ML.....	173
Le cadre normatif : la norme comme outil cognitif collectif .....	174
Les « sciences de la gestion ».....	176
Le sujet observé : d'une statique à une dynamique du monde.....	178
Le sujet producteur.....	181
Le sujet producteur dans la chaîne de traitement des données, informations et connaissances.....	183
La planification : une perspective mécaniste ou procédurale des « activités » .....	187
Le travail d'ingénierie : l'automatisation et l'industrie 4.0.....	188
La créativité, une fenêtre sur le monde de l'entreprise.....	190
L'aide à l'être humain .....	196
La collaboration instituée dans le milieu informatique .....	196
L'aide à l'être humain : complémentarité et nécessité.....	200
La responsabilité relative des informaticiens .....	203
La « science », une autre voie de l'institutionnalisation .....	207
La scientificité de la connaissance accumulée par les chercheurs en IA.....	207
Science, Big Science, technoscience, horizon scientifique .....	208
Chapitre 6. Se percevoir comme scientifique, l'autre versant de l'institutionnalisation .....	213
La connaissance préalable .....	217
La reproductibilité .....	223
La « rigueur ».....	226
« Démontrée » ou « vraie » .....	226

Les deux emplois de la mathématique .....	228
La statistique classique et les réseaux neuronaux .....	233
Statistique, statistique computationnelle, réseaux neuronaux .....	235
« Prédire n'est pas expliquer ».....	237
Chapitre 7. Le modèle ML : une morphologie sociotechnique.....	245
L'irréductibilité sociale de l'intelligence humaine en informatique .....	249
Programmation classique et programmation par agents.....	254
L'agent-interface.....	256
La place de la sociologie dans un monde d'agents .....	257
Les êtres humains <i>dans</i> le SMA : de « Internet of things » (IoT) à « Social Internet of things » (SIoT) en passant par « Internet of Everything ».....	259
Définition du SIoT.....	259
Quand le « social » augmente l'intelligence .....	260
La captation du « réel » : fusion des réseaux sociaux et des réseaux d'objets .....	262
Les objets connectés comme médiateurs .....	263
Le cycle de vie d'un objet connecté .....	264
Le « social » réifié par les objets connectés : une étude de cas .....	265
Les idées principales .....	266
Idée 1. Les « théories sociales » .....	266
Idée 2. L'objet et l'agent .....	269
Idée 3. L'aspect « social » de la relation : propriété dérivée ou intrinsèque .....	270
Idée 4. Nature, propriétés et fondement des rapports sociaux .....	272
Idée 5. Un espace construit par le mouvement .....	275
Idée 6. Des temporalités construites par le mouvement .....	276
Le réseau des objets connectés : un réseau multi agents.....	278
Le réseau des objets connectés : une morphologie sociotechnique .....	280

L'historicité de l'agent : quand le « reset » disparaît .....	281
L'irréversibilité d'un temps linéaire .....	282
Passé, avenir, présent : mémoire de l'expérience et mémoire dans l'expérience .....	283
Le « nouveau » survient quand la mémoire de l'expérience ne suffit plus .....	284
Le temps : activités, régularités et changements.....	286
Premier niveau : les activités, une dimension processuelle limitée de la vie sociale .....	286
Second niveau : les régularités et les changements.....	289
De la régularité à la régulation : la dimension procédurale .....	291
L'institution des IoT .....	294
Temps cyclique et temps linéaire de l'institution des IoT .....	294
L'institution des IoT : la question du « pouvoir-en-commun ».....	296
Chapitre 8. Le modèle ML, un modèle concret de connaissance .....	299
Le modèle ML : une certaine intelligence de la vie sociale .....	299
Les diverses catégories de connaissances .....	299
La dimension opératoire de ces catégories de connaissances .....	300
Les relations sociales à l'origine de ces catégories .....	302
L'idéologie du « partage » comme mode de connaissance.....	305
Le modèle ML : à l'intersection des valeurs d'usage et d'échange.....	312
Le modèle ML, un <i>nouveau</i> mode de connaissance ?.....	316
Conclusion.....	320
Un résumé de la thèse .....	320
Une sociologie des réseaux.....	325
Références bibliographiques .....	329
Annexes.....	355

Annexe 1. Maquette d'entretien.....	355
Annexe 2. Courriel d'introduction pour contacter les chercheurs .....	358
Annexe 3. Conférences .....	359
Annexe 4. Exemple de statistiques.....	362



*À Tiago*

## Remerciements

Me voilà aux termes d'un long parcours en sociologie, une aventure intellectuelle qui débuta en anthropologie, un cheminement peuplé d'hommes et de femmes dont la passion pour leurs champs d'études respectifs a su cultiver mon enthousiasme.

Commençons par mon directeur de thèse, le sociologue Paul Sabourin. J'ai connu Paul en 2011. Je fus rapidement attiré par son souci de développer chez les étudiants une façon de raisonner en sociologie, une démarche précise qui n'a pas été sans évoquer les rappels répétés de mes professeurs de mathématiques sur l'importance du raisonnement qui mène à la conclusion. À sa rigueur, s'ajoutent sa disponibilité, les longues heures de discussions sur les œuvres d'auteurs et divers sujets abordés à son bureau ou autour d'un verre de vin.

Je dois également à Céline Lafontaine mes premiers pas dans le monde des sociologues. En 2010, Céline confirmera mon attrait pour une sociologie des sciences et des techniques par l'étendue de ses connaissances, moi qui ne les regardais que sous le jour scientifique et romanesque. Céline partagea sans hésiter son travail de terrain auprès des chercheurs en médecine régénératrice afin que j'écrive mon mémoire de maîtrise.

Éclectisme, ouverture d'esprit, partage sont les maîtres mots pour décrire ces deux professeurs. Parlant de partage, ils n'ont jamais oublié les conditions matérielles d'existence de leurs étudiants de sorte que j'ai pu bénéficier de leur soutien financier en forme de contrats de recherche tout aussi formateurs que leur enseignement. Je les remercie pour tout cela et dans le même élan, ma gratitude va à Sébastien Richard pour sa prévenance en la matière. Quitte à inviter l'argent dans la conversation, autant remercier le gouvernement québécois dont la bourse octroyée par le Fonds de recherche science et culture (FRQSC) me permit de me concentrer pleinement sur ma recherche.

Si le partage dont il est question dans cette thèse est d'une tout autre nature, partager est ici l'esprit universitaire de ces professeurs-chercheurs et étudiants en informatique qui se sont prêtés au jeu de l'entrevue avec un apprenti sociologue. Je ne peux pas les remercier

nommément, confidentialité oblige, mais qu'ils sachent que sans eux, je n'aurai pas pu pousser ma réflexion d'ordre sociologique dans le champ de l'intelligence artificielle. La diffusion des connaissances est aussi celle d'une approche en particulier, celle de la recherche sur l'apprentissage profond. Bon nombre de livres, articles et cours de ce domaine spécialisé échappent à la mainmise des revues commerciales, et ce, pour le plus grand bénéfice de la collectivité. Que les chercheurs qui publient sous une telle condition soient remerciés, certains d'entre eux étant cités dans mon travail.

Enfin, mes remerciements s'adressent également à deux étudiants « allumés » si je puis me permettre le mot par leur plaisir à discuter, à savoir Justine Lareau et Oleg Litvinski de l'Université de Montréal et de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) respectivement.

## Introduction

Depuis la deuxième décennie du 21<sup>e</sup> siècle, l'intelligence artificielle (IA) est en vedette dans les médias, dans la recherche publique et dans les laboratoires privés des grandes entreprises de produits et services technologiques. La presse<sup>1</sup> anthropomorphise l'IA en la présentant bavarde et articulée, sympathique ou menaçante. L'Université de Montréal annonce le 6 septembre 2016 l'octroi par le gouvernement fédéral d'une subvention de 93 millions de dollars pour la recherche en IA<sup>2</sup>. L'acronyme GAFAM utilisé par les journalistes rassemble sous le même toit des technologies d'avant-garde développées par les entreprises américaines Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft. Celles-ci en association avec IBM et Deepmind (une filiale de Google) fondent en 2016 une ONG dénommée « Partnership on AI » au slogan évocateur de « To Benefit People and Society<sup>3</sup> ». Intéressées par les perspectives économiques dans les domaines de la santé, du transport, des services financiers et du commerce, elles invitent également les citoyens à s'investir dans l'IA et insistent sur les aspects éthiques, sécuritaires (ex. « technologies that do not harm »), et équitables d'une IA qui se veut inclusive et digne de confiance (« [...] ethics, safety, fairness, inclusiveness, trust, [...] »<sup>4</sup>). De plus, le blog officiel de Microsoft affirme s'attaquer à « the world's most challenging problems » et annonce ainsi rejoindre le mouvement Open AI qui vise « to benefit humanity as whole »<sup>5</sup>. Si l'économie de l'IA relève pour l'instant d'un monopole américain, le « souci sociétal » est international pour ces intellectuels issus de divers

---

<sup>1</sup> À partir du moteur eureka.cc, j'ai évalué en janvier 2016 que le nombre d'articles issus de la presse mondiale grand public en français et en anglais dont le titre contient l'expression « intelligence artificielle » a plus que quadruplé entre 2014 et 2016. Au moment d'achever cette thèse fin 2020, le « hype » sur l'AI persiste encore.

<sup>2</sup> Université de Montréal, « Investissement majeur pour la recherche en intelligence artificielle », Université de Montréal, 2016, <http://nouvelles.umontreal.ca/article/2016/09/06/investissement-majeur-pour-la-recherche-en-intelligence-artificielle/>.

<sup>3</sup> Ce sous-titre est intégré dans la section « About Us ». Partnership on AI. 2020. "Partnership on Artificial Intelligence to Benefit People and Society." 2016. <http://www.partnershiponai.org/#s-goals>. Voir également AI Now Primers 2016, « The Social Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near-Term », Conference Workshop (New York: New-York University, White House, s. d.), [https://ainowinstitute.org/AI\\_Now\\_2016\\_Primers.pdf](https://ainowinstitute.org/AI_Now_2016_Primers.pdf)

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> OpenAI. 2016. "Introducing OpenAI." Open AI. 2016. <https://openai.com/blog/introducing-openai/>

horizons qui se réunissent sous l'appellation « AI Now » et autour de quatre enjeux, que sont « AI and Social Inequality », « AI and Labor », « AI and Health » et « AI and Ethics<sup>6</sup> ».

Une fois ce tableau posé, l'histoire récente nous dit que ce champ d'études n'en est pas à son premier engouement, un « buzz » ou un « hype » selon les chercheurs interrogés pour cette enquête. Continuons par cet extrait :

The Science Research Council [Grande-Bretagne] has been receiving an increasing number of applications for research support in the rather broad field with mathematical, engineering and biological aspects which often goes under the general description Artificial Intelligence (AI). The research support applied for is sufficient in volume and in variety of discipline involved, to demand that a general view of the field be taken by the Council itself<sup>7</sup>.

Ce passage issu d'un rapport du mois de juillet 1972<sup>8</sup> rédigé par le mathématicien franco-anglais Michael James Lighthill<sup>9</sup> sur la demande du gouvernement britannique de l'époque annonça le premier ralentissement d'une recherche en IA agitée depuis les années 1940 par les critiques des sceptiques du domaine selon l'argument, et ici, simplifions considérablement que « The mind is not a machine<sup>10</sup> ». Alan Turing avait anticipé ces hauts et bas d'une discipline<sup>11</sup> dont le mot fut forgé en 1957 par John Mc Carthy à la conférence de Dartmouth. Même l'expression est sujette à polémique. Mc Carthy voulait mettre l'accent sur l'importance de la formalisation mathématique de la machine avec la « Automata Theory », mais désirait aussi se détacher de la cybernétique et de sa notion de « feedback<sup>12</sup> ». Nous retrouverons au chapitre 6 la prépondérance de la mathématique dans les deux rôles qui lui sont assignés malgré une conception différente de l'intelligence aujourd'hui. À une intelligence conçue selon une logique de premier ordre apte à résoudre des problèmes que l'on croyait complexes durant les années

---

<sup>6</sup> AI Now 2016 Primers, *Op. cit.*

<sup>7</sup> James Lighthill, « Part I Artificial Intelligence A general survey » (Cambridge: Cambridge University, juillet 1972), p1. Disponible à <http://www.ai.ed.ac.uk/events/lighthill1973/>. Les parties 2 et 3 sont les critiques de ce rapport par les collègues de Lighthill.

<sup>8</sup> Voir aussi le débat télévisé diffusé par la BBC au mois de juin 1973. BBC, *The Lighthill debate on Artificial Intelligence: « The general purpose robot is a mirage »*, Vidéo (BBC, 1973), <https://youtu.be/03p2CADwGF8>.

<sup>9</sup> Je remercie Oleg Litvinski, doctorant à l'UQAM pour m'avoir indiqué cet auteur.

<sup>10</sup> Nils J. Nilsson, *The Quest for Artificial Intelligence: (New York: Cambridge University Press, 2010).*, p. 305

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 305.

<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 54, 55

1950 à 1970 (ex. jouer aux échecs), se substitua une intelligence reposant sur « des approximations, des simplifications et des intuitions plausibles<sup>13</sup> » au cours des années 1980. De par les résultats obtenus à la fin des années 2000, le « representation Learning » (chapitre 3) marqua un pas décisif vers une technologie opérationnelle. En effet, les « hivers » ne découlaient pas de simples différends débattus dans l'enceinte des universités, mais aussi de promesses non tenues envers les bailleurs de fonds. Le premier « hiver » de l'IA survint à la fin des années 1980 selon Nils Nilsson<sup>14</sup>. Pour une histoire détaillée de l'IA, nous renvoyons le lecteur au livre de cet ingénieur. Celui-ci écrit à propos d'une aventure intellectuelle qu'il a lui-même vécue dès ses débuts après son doctorat à Stanford en 1958 en génie électrique. Un résumé de la naissance de l'idée d'une intelligence machine est offert par Céline Lafontaine<sup>15</sup> et Mathieu Triclot<sup>16</sup>, deux ouvrages francophones importants sur la cybernétique<sup>17</sup>, domaine qui chapeaute l'intelligence artificielle quoiqu'en pensait McCarthy. De l'IA, Nilsson nous dit que:

« For me, artificial intelligence is that activity devoted to making machines intelligent, and intelligence is that quality that enables an entity to function appropriately and with foresight in its environment<sup>18</sup>. »

Il précise plus loin à propos des êtres humains ce qui caractérise l'ambition des programmeurs d'aujourd'hui et sur laquelle nous reviendrons en détail :

« At the other end are humans, who are able to reason, achieve goals, understand and generate language, perceive and respond to sensory inputs, prove mathematical theorems, play challenging games, synthesize and summarize information, create art and music, and even write histories<sup>19</sup>. »

---

<sup>13</sup> Dominique Cardon, Jean-Philippe Cointet, et Antoine Mazières, « La revanche des neurones: L'invention des machines inductives et la controverse de l'intelligence artificielle », *Réseaux* n° 211, n° 5 (2018): 173-220.

<sup>14</sup> Le désintérêt grandissant se manifesta notamment par une baisse importante des adhésions à la « Association for the Advancement of Artificial Intelligence. Nilsson, *op. cit.*, p. 327.

<sup>15</sup> Céline Lafontaine, *L'empire cybernétique : des machines à penser à la pensée machine : essai* (Paris: Seuil, 2004).

<sup>16</sup> Mathieu Triclot, *Le moment cybernétique: la constitution de la notion d'information* (Seysse: Champ Callon, 2008).

<sup>17</sup> Norbert Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2e édition (Cambridge, Mass: MIT Press, 1948).

<sup>18</sup> Nilsson, p. XIII.

<sup>19</sup> Nilsson, p. XIII.

Pour le cognitiviste Hamid R. Ekbia, la recherche en IA tente trois choses<sup>20 21</sup>. Tout d'abord, elle relève du domaine de l'ingénierie et produit des machines ayant une vocation précise. Dans son rapport James Lighthill, distingue aussi trois voies dont celle-ci et qu'il dénomme « catégorie A » ou « Advanced automation », la fameuse « intelligent machinery » d'Alan Turing<sup>22</sup>. Ensuite, Ekbia y voit une pratique scientifique dans laquelle il s'inscrit en tant que cognitiviste. Pour James Lighthill, cette « catégorie C » ou « Computer-Based CNS Research<sup>23</sup> » englobe l'étude du système central nerveux (« CNS ») et la psychologie<sup>24</sup>. Il s'agit de comprendre le fonctionnement du cerveau humain et de le simuler par des modèles. Selon cette orientation, les chercheurs ne construisent pas des machines dévolues à imiter l'être humain pour des fins pratiques. L'IA, dès ses débuts, explique Ekbia est un moyen d'appréhender la façon dont l'être humain pense. Il rappelle que pour Herbert Simon, l'IA est à la fois science et ingénierie. LightHill et Ekbia partagent l'idée que la voie 2 ou la catégorie C devrait fournir l'assise scientifique du développement technologique. Or, Lighthill distinguait de son temps deux directions empruntées par les applications de l'IA. Sa catégorie A (voie 1 pour Ekbia), soit l'ingénierie est un ensemble d'algorithmes épars et spécialisés tels qu'ils existent aujourd'hui et destinés à la reconnaissance de caractères ou l'analyse de schémas répétitifs (« pattern-recognition activities<sup>25</sup> »). La catégorie B dénommée « Bridge activity » diffère de la troisième pratique vue par Ekbia. Pour ce dernier cette idée de « pont » entre disciplines s'exprime par un passage sans attitude critique d'un domaine à l'autre qui maintient des justifications vagues censées conférer une base scientifique

---

<sup>20</sup> H. R. Ekbia, *Artificial Dreams: The Quest for Non-Biological Intelligence*, 1 édition (Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2008).

<sup>21</sup> Ekbia est professeur d'informatique et de sciences cognitives : [https://luddy.indiana.edu/contact/profile/?profile\\_id=72](https://luddy.indiana.edu/contact/profile/?profile_id=72)

<sup>22</sup> Lighthill, p. 2.

<sup>23</sup> Lighthill, p. 5.

<sup>24</sup> La psycholinguistique fait partie de cette catégorie (Lighthill, p. 13) : comprendre la production de phrases et écrire des algorithmes qui la simulent. Il parlera aussi de la psychologie en éducation et l'élaboration de modèles explicatifs. Lighthill pense qu'un jour des machines pourraient expliquer par simulation la façon dont fonctionne le cerveau : « devices that mimic a human function may assist in studying and in making a theory of that function » (p. 7.) Dans ce sens, il épouse la position de Herbert Simon : « The phrase "artificial intelligence" which led me to it, was coined, I think, right on the Charles River, at MIT. Our own research group at Rand and Carnegie Mellon University have preferred phrases like "complex information processing" and "simulation of cognitive processes." Herbert Alexander Simon, *The Sciences of the Artificial*, 3e édition (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1968 (1996)), p. 4. Ces perspectives en sont une sur la raison d'être de la recherche en IA et sur ce qu'est une explication dans ce champ de recherche, un débat que nous abordons au chapitre 6.

<sup>25</sup> Ibid., p. 3.

à des produits d'ingénierie et qui risque au passage de discréditer la partie véritablement scientifique (voie 2) de l'IA. Par contre, chez Lighthill, la catégorie B est la réunion des voies 1 et 2 ou A et C dans ce qu'il appelle un « robot », une « All purpose intelligence<sup>26</sup> ». Aujourd'hui, elle correspond à la « Artificial General Intelligence » (« AGI »), un rêve mis de côté par les chercheurs<sup>27</sup> et à propos de laquelle le scepticisme de Lighthill valu à la recherche britannique en IA durant les années 1970 une baisse importante du financement<sup>28</sup>. En 1972, Lighthill, estime que non seulement la catégorie B ne bénéficie pas autant qu'anticiper des recherches en A et C, mais surtout qu'elle a manqué l'objectif central, à savoir produire des robots possédant les capacités humaines de mouvements, de résolution de problèmes ou d'usage du langage naturel par exemple. Autrement dit, la catégorie B est l'histoire d'une convergence qui n'a pas encore eu lieu des recherches en A et C. Aussi, en quoi cette « Quest for non biological intelligence » de Ekbia et le rapport de Lighthill succinctement évoqués m'intéressent-ils au-delà de la définition qu'ils proposent du domaine de l'IA et d'une tripartition quelque peu différente ?

Sans m'y référer explicitement, nous retrouverons les linéaments de deux des trois voies dessinées par Ekbia dans les chapitres de cette thèse. J'aborderai le travail de l'ingénieur ainsi que le discours justificatif de la recherche en IA, « the way of talking<sup>29</sup> » qui mobilise la notion de « science », la « créativité » ou l'aide à l'être humain. Il resterait à enquêter auprès de chercheurs pour qui l'IA est un moyen d'explorer et de comprendre les capacités cérébrales de l'être humain. Ekbia regrette que l'IA d'aujourd'hui qu'il dénomme « mainstream AI » ait divergé de ce travail de compréhension de la cognition humaine, l'objectif initial. Lighthill a retenu mon attention sur la question des robots. Au-delà du vieux rêve prométhéen rappelé par l'auteur, je me suis posé la question de la convergence des catégories A et C et en ait conclu qu'une robotisation était bel et bien en cours. Cette fois-ci, elle avait lieu non plus dans la figure d'une machine

---

<sup>26</sup> Ibid., p. 14.

<sup>27</sup> À ce propos, écouter le podcast de Sam Harris : Sam Harris, « The Dawn of Artificial Intelligence. A conversation with Stuart Russell. », 2016, <https://samharris.org/podcasts/the-dawn-of-artificial-intelligence/1/>. « #53. Russel est un professeur d'informatique à l'Université de Berkeley et coauteur avec Peter Norvig du livre « Artificial Intelligence. A modern approach » auquel cette thèse se réfère pour la question des agents informatiques. Stuart J. Russell et Peter Norvig, *Artificial intelligence: a modern approach*, 3e édition, Prentice Hall series in artificial intelligence (Upper Saddle River: Pearson, 2010).

<sup>28</sup> Selon Nilsson, suite à la dévalorisation de la catégorie B par Lighthill « British AI researchers experienced their own funding crisis. funding crisis ». Nilsson, *Op. cit.*, p. 204.

<sup>29</sup> Ekbia, *Op. cit.*, p. 5.



anthropomorphique universelle, mais dans la diffusion d'une multitude de mécanismes d'analyse automatisée de l'action humaine et d'interventions à l'intérieur de produits existants et familiers, tels qu'une maison ou une automobile, les fameux objets connectés. Si robot il y a, il est logiciel, le « softbot » dont les plus connus sont Siri et Alexa, deux assistants personnels créés par les entreprises Apple et Amazon respectivement. Enfin, Lighthill soulève dans le paragraphe suivant ce qui aujourd'hui assure les beaux jours de l'approche neuronale en IA, de la captation et de calculs distribués sur de nombreuses unités matérielles en minimisant l'appel à une « connaissance préalable » (chap. 3 et 6) :

« The Category B research **work on problem solving** in these abstract play situations [Jeux d'échec, puzzles, formes à agencer] has produced many ingenious and interesting programs. A fair description of the success of these programs seems to be that they are effective **when and only when the programming has taken into account a really substantial quantity of human knowledge** about the particular problem domain. Just as in category A, the **pure mathematical logic** methods **suffer defeat at the hands of the combinatorial explosion** and have to be replaced by heuristic methods. Some very interesting researches have been carried out to develop general problem solving programs and such work can be of research interest to psychologists but **the performance of these programs on actual problems** has always been disappointing. Students of all this work have generally concluded that it is unrealistic **to expect highly generalised systems that can handle a large knowledge base effectively in a learning or self organising mode to be developed in 20<sup>th</sup> century**<sup>30 31</sup>»

Ces quelques lignes annoncent l'IA contemporaine. Cette dernière conserve malgré tout le trait des recherches précédentes rappelées par Ekbia, à savoir la pluralité des formes de connaissance engagées qui place l'IA en porte à faux avec de nombreuses autres disciplines et multiplie d'autant les visées de la recherche tel que l'explique l'informaticienne Sandra S. de mon échantillon:

De même, on peut très bien s'intéresser au réseau de neurones comme **pure technique informatique**. Vous pouvez dire que c'est une pure technique informatique qui résout certains problèmes plutôt bien et le fait qu'ils aient des **liens avec la biologie, c'est historique** [...] Toutefois, cela ne m'intéresse pas. Pour moi, c'est un ensemble de **techniques d'ingénierie**, mais pourquoi pas ? Moi, mon arrière-plan théorique, c'est **les mathématiques, c'est l'ingénierie**, la métaphore biologique ne m'intéresse pas plus que ça. Mais il y a des gens qui vous disent, moi cette métaphore m'intéresse, je vais continuer à garder ce lien, **continuer à dialoguer avec les biologistes**, et je crois également que ça résout de manière particulièrement intéressante **des problèmes en**

---

<sup>30</sup> Lighthill, *Op. cit.*, p. 15.

<sup>31</sup> Dans ce travail, les mots et phrases en caractères gras des citations sont tous soulignés par mes soins.

**psychologie et en linguistique.** Et donc, mon domaine **n'est pas fermé, il est ouvert sur les sciences humaines, sur la biologie.** Tout dépend comment vous le vivez. **L'IA a toujours cette ambiguïté : est-ce que l'IA est juste une technique informatique ou est-ce une tentative de modéliser des compétences humaines ? C'est les deux.** En fait, l'IA a constamment débordé de l'informatique pure, parce qu'elle a apporté de nouvelles techniques. **On peut faire des cours d'IA en informatique pure sans trop s'intéresser à la modélisation de l'être humain.** Mais l'IA a toujours fricoté si je puis dire avec la linguistique, avec d'autres disciplines des sciences humaines. Les liens avec **la psychologie** sont extrêmement forts et avec **la linguistique** aussi. (Sandra S., informaticienne).

Décrit succinctement à ce stade-ci, mon travail consistera à articuler d'un point de vue sociologique les trois composantes que sont les algorithmes, les vastes ensembles de données (« Big Data ») et les objets connectés appelés « IoT » ou « Internet of Things » (ex. téléphone, machine à laver).

## **Peut-on faire de l'IA un objet d'étude de la sociologie ?**

Le sociologue britannique Steve Woolgar<sup>32</sup> posait cette question en 1985 à propos des systèmes experts. Il regrettait à l'époque que certains chercheurs universitaires proposent de cantonner la sociologie à [...] *the uses of artificial intelligence, the effects of futuristic proposals embodied in AI and the possible precautions to be taken by the AI community to minimize the dangers involved*<sup>33</sup>. Cela n'a guère changé si nous en jugeons par la mobilisation de chercheurs de tout horizon et de la population civile autour des enjeux sociaux de l'IA mis sous la forme de recommandations dans « la déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle »<sup>34</sup>. Au moment où ce sociologue écrit, la littérature critique sur l'intelligence artificielle se confinait pour l'essentiel à celle des philosophes et portait sur la façon dont les cognitivistes et les informaticiens concevaient l'intelligence. Ultimement, il s'agissait de conclure à la façon de l'américain Hubert Dreyfus, sur son caractère irréductiblement humain<sup>35</sup> dans une perspective phénoménologique ou bien sur l'impossibilité

---

<sup>32</sup> Steve Woolgar est l'auteur avec Bruno Latour du livre Bruno Latour et Steve Woolgar, *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques* (Editions La Découverte, 1979 (2005)).

<sup>33</sup> Ibid., p. 558.

<sup>34</sup> « Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle », 2018, <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/la-declaration>.

<sup>35</sup> Hubert L. Dreyfus, *What computers still can't do: a critique of artificial reason* (Cambridge, Mass: MIT Press, 1992). Hubert L. Dreyfus, « Why Computers Must Have Bodies in Order to Be Intelligent », *The Review of Metaphysics* 21, n° 1 (1967): 13-32. Dreyfus critique la réduction de l'intelligence humaine à la

de formaliser la sémantique à l'instar de Searle<sup>36</sup>. De manière générale, les analyses traitaient de ce que la recherche en IA de l'époque manquait, et ce, en référence aux capacités cognitives de l'être humain. Ces réflexions s'inscrivaient dans un courant plus large qui enrôlait des sociologues et philosophes critiques des technologies naissantes de l'information<sup>37</sup>. Le sociologue canadien Ronald David Schwartz rappelle qu'à travers l'expression « information society » créée par Daniel Bell en 1973<sup>38</sup>, la préoccupation portait sur l'instauration d'un « contrôle social » imposé par une centralisation informatique bureaucratique et orientée vers la productivité, au service de la « raison instrumentale<sup>39</sup> ». Au tournant des années 1980, l'influence décisive de deux rapports<sup>40</sup> orienta la lecture de l'informatisation croissante des sociétés occidentales en termes d'enjeux « culturels » dans ce qui désormais devenait une organisation sociale éclatée et déchirée par les diverses représentations sociales des acteurs. L'ancienne interprétation d'un ordre entendu comme « a unified totality enforced through technocratic social engineering<sup>41</sup> » laissait la place à la « décentralisation », « l'autonomisation » et la « déconcentration<sup>42</sup> ».

Ma thèse n'échappe pas à la critique classique des limites de l'IA. Je parlerai de « l'incomplétude » des règles régissant nos conduites face aux modèles d'apprentissage en vogue aujourd'hui. Toutefois, il s'agit de l'utiliser pour souligner d'un point de vue sociologique ce que l'IA réussit à faire, un monde de « connections », de « liens » dont j'explore les diverses natures. Je me détacherais aussi de ce va-et-vient constant en sciences sociales entre un monde fragmenté

---

rationalité mathématique de la logique et le détachement de celle-ci de toute appréhension sensible du monde. Il soulignera que la reconnaissance de formes (il emploie l'expression « pattern recognition »), en soi une opération mentale simple pour l'être humain et les animaux, n'est pas encore à la portée des machines.

<sup>36</sup> Marie-Madeleine Varet-Pietri, *L'ingénierie de la connaissance; la nouvelle « épistémologie appliquée »* (Besançon: Presses universitaires Franc-Comtoises, 2000).

<sup>37</sup> Schwartz, Ronald David. 1989. "Artificial Intelligence as a Sociological Phenomenon." *Canadian Journal of Sociology* 14 (2): 179–202.

<sup>38</sup> Ibid. p181.

<sup>39</sup> Ibid. p182.

<sup>40</sup> Selon Schwartz. Le plus connu est celui de Jean-François Lyotard sur la fin du rôle unificateur des « métarécits », « la condition postmoderne » commandé par le gouvernement québécois en 1979. Il fût suivi de celui de Nora et Minc « The computerization of Society : A Report to the President of France » en 1980. Ibid. p. 182, 183.

<sup>41</sup> Ibid. p. 183.

<sup>42</sup> Ibid. p. 182.

chez les uns et monolithique chez les autres qui ne fait que ressasser l'éternelle dichotomie individu\société.

Pour ce faire et en suivant Woolgard, l'IA est un objet socialement construit par une communauté de chercheurs. Elle se prête ainsi à une sociologie de la connaissance scientifique, mais également technique, puisque réifiée de nos jours dans des produits opérationnels.

## **Comment parler de l'IA: monde fragmenté ou totalisation numérique ?**

Trois livres ont été particulièrement importants au départ de cette enquête. Une première lecture sur l'IA contemporaine en langue française fut celle du sociologue Dominique Cardon « À quoi rêvent les algorithmes<sup>43</sup> ? »

### **Un monde fragmenté**

Cardon dépeint un monde d'ensembles sociaux dont les ordres de grandeur sont devenus incomparables : « Les nouveaux calculs numériques partent des traces d'activités des personnes, mais ne cherchent pas à inférer des caractéristiques relatives à des phénomènes plus vastes permettant à la société tout entière de se représenter et de se comprendre<sup>44</sup> ». L'auteur oppose aux « conventions stables » et aux « catégories de description du monde social<sup>45</sup> » de la « longue tradition statisticienne », la possibilité de « connaître avec précision les destins individuels et de s'adresser aux individus en s'affranchissant de la solidarité collective<sup>46</sup> ». À vrai dire, Cardon relance une discussion sur le postmodernisme où la « fin des grands récits<sup>47</sup> » se rejoue dans cette opposition constante entre l'individu mis en exergue par les algorithmes d'IA et une société quantifiée par une statistique désormais révolue selon cet auteur en tant qu' « outil de gouvernement et outil de preuve » pour reprendre une expression du sociologue Alain Desrosières<sup>48</sup>.

---

<sup>43</sup> Dominique Cardon, *À quoi rêvent les algorithmes* (Paris: Seuil, 2015).

<sup>44</sup> Ibid., p. 40.

<sup>45</sup> Ibid., p. 39, 40.

<sup>46</sup> Ibid., p. 40.

<sup>47</sup> Déjà mentionné. Jean-François Lyotard, *La Condition Postmoderne: Rapport Sur Le Savoir*, Collection Critique (Paris: Éditions de Minuit, 1979).

<sup>48</sup> Alain Desrosières, *Pour une sociologie historique de la quantification. L'argument statistique I*, Sciences sociales (Paris: Presses de l'École des Mines, 2008), p. 7.

À l'origine, il y aurait eu une individualisation croissante revendiquée et « C'est précisément pour faire droit à cette revendication de singularité qu'un vaste processus de réinvention des techniques statistiques s'est mis en branle pour calculer la société sans catégoriser les individus<sup>49</sup> ». Cette interprétation de Cardon en termes d'une relation causale entre une demande et une offre d'algorithmes a abouti à une « micro physique des comportements<sup>50</sup> », notamment à travers les calculs personnalisés des réseaux sociaux tels que Facebook : « Sans doute est-ce de cette manière d'entériner l'ordre social en reconduisant les individus vers leur comportement passé que le calcul algorithmique exerce sa domination<sup>51</sup>. ». Les usagers dont parle Cardon en sont « réduits à leurs seules conduites<sup>52</sup> » et par conséquent « assignés à la reproduction automatique de la société et d'eux-mêmes<sup>53</sup> » dans des micromondes aux rapports incommensurables.

### **Une totalisation numérique**

Le livre d'Éric Sadin « La vie algorithmique. Critique de la raison numérique<sup>54</sup> » présente un

« [...] panopticum électronique destiné à embrasser un état global des choses, mais davantage à rendre possibles de nouvelles postures anthropologiques, fondées sur l'évaluation continue des situations et un ajustement automatisé entre unités organiques et physiques, en vue d'éviter toute perte et de tendre vers une pleine maximisation<sup>55</sup>. »

La multiplication des algorithmes « ambitionne d'instaurer un rapport totalisant aux phénomènes, placés sous la puissance implacable et non ambiguë d'une raison numérique<sup>56</sup> ». Cette « totalisation mathématique<sup>57</sup> » transforme le monde en « une large salle de contrôle distribuée<sup>58</sup> », car il s'agit bien pour Sadin non plus de fragmentation, mais bel et bien de distribution sur le plan technique, temporel et spatial d'une seule opération qui relève d'une réunion de toutes les entités humaines ou non sous l'égide du calcul. À l'instar de Cardon, l'auteur

---

<sup>49</sup> Cardon, *À quoi ...*, p. 40.

<sup>50</sup> Ibid., p. 69.

<sup>51</sup> Ibid., p. 87.

<sup>52</sup> Ibid., p. 87.

<sup>53</sup> Ibid., p. 87.

<sup>54</sup> Eric Sadin, *La vie algorithmique : Critique de la raison numérique* (Paris: Éditions L'Échappée, 2015).

<sup>55</sup> Sadin, *Op. cit.*, p. 50.

<sup>56</sup> Ibid., p. 50.

<sup>57</sup> Ibid., p. 57.

<sup>58</sup> Ibid., p. 28.

y voit un rapport de « soumission<sup>59</sup> » entre les usagers et les algorithmes, mais précise-t-il par le truchement de la « classe des ingénieurs<sup>60</sup> », « ingénieur programmeurs<sup>61</sup> » plus précisément qui se sont octroyés peu à peu le droit de « décider d’eux-mêmes et souvent seuls de la nature de leur innovation<sup>62</sup> », une « autonomie qui les a revêtus d’une sorte de statut analogue à celui de l’artiste, libres de mener leurs projets selon leurs propres désirs et desseins<sup>63</sup> ». Cette classe fonderait un « techno-pouvoir<sup>64</sup> » désigné par Sadin de « data- panoptisme<sup>65</sup> ».

### **Une synthèse est-elle possible?**

Enfin, le troisième livre, celui du philosophe belge Jean De Munck, « L’institution sociale de l’esprit<sup>66</sup> » débute par un avant-propos, le facteur déclencheur de sa réflexion et par la même de ma thèse après la lecture des deux ouvrages présentés plus haut.

« Qu’est-ce que la raison après la guerre froide<sup>67</sup>? » se demande De Munck. Notre époque oscille entre la rationalité de l’économie néoclassique réinterprétée à l’aube des années 1980 dans ce qui est communément appelé le « néo-libéralisme » et la multiplication de rationalités revendiquées. Le postmodernisme promeut les « petits récits<sup>68</sup> » de chacun pris dans son « contexte » personnel et qui ne peuvent se mesurer aux autres. L’universalisme des droits de l’homme et du marché se retrouve dans une apparente contradiction avec le pluralisme de convictions et de particularités inconciliables.

Or, il s’agit d’un même déploiement nous dira De Munck :

Pensé jusqu'au bout de lui-même, le néo-libéralisme est la tolérance universelle, et donc la prolifération des particularités sans lien, leur coexistence sans synthèse. Du coup, l'universel libéral s'autodissout comme universalité, et le voilà postmoderne. Mais inversement, dans le postmodernisme, rien ne vient plus faire obstacle à la prolifération des différences, toute synthèse concrète est illégitime. La juxtaposition

---

<sup>59</sup> Ibid., p. 258.

<sup>60</sup> Ibid., p204.

<sup>61</sup> Ibid., p206.

<sup>62</sup> Ibid., p209.

<sup>63</sup> Ibid., p209.

<sup>64</sup> Ibid., p215.

<sup>65</sup> Ibid., p172.

<sup>66</sup> Jean de Munck, *L’institution sociale de l’esprit: Nouvelles approches de la raison*, Interrogation philosophique (Paris: Presses universitaires de France, 1999), p. 1.

<sup>67</sup> Ibid. p. 1.

<sup>68</sup> Ibid., p. 3.

des individualités n'est plus unie que par le lien formel de la liberté négative, et nous vivons dans la coexistence libérale<sup>69</sup>.

De Munck s'interroge alors sur la possibilité de saisir notre monde par une synthèse si synthétique il y a. Mon chapitre théorique présentera le concept « d'institutionnalisation » développé dans sa dimension sociale par ce philosophe. À notre tour, posons-nous la même question : y a-t-il une autre façon de discuter de la normativité des algorithmes autrement que dans une opposition entre fragmentation et totalisation qui, malgré leurs différences, se rejoindraient dans l'idée d'un usager prétendument soumis aux algorithmes, réduit à l'état d'un automate, d'un « agent réactif » ?

## **Appropriations et apprentissages, un impensé de la réflexion sur l'IA**

Il est paradoxal pour des chercheurs en sciences sociales de s'intéresser à l'apprentissage machine tout en écartant les possibilités d'apprentissage des usagers. Cependant, rendons justice à Dominique Cardon et à Éric Sadin. Ma présentation orientée voulait mettre en exergue ce qui m'a dérangé lors de la lecture de ces deux ouvrages tout en acquiesçant à la plupart des critiques que font de l'IA ces deux auteurs. Je partage le même regard sur cette logique marchande qui préside à la production d'ensembles sociaux selon de nouvelles modalités calculatoires. De plus, les deux chercheurs réaffirment à leur façon l'existence d'une synthèse dans une « raison algorithmique » qui passe par la « fragmentation » sous la forme de multiples ensembles de données et à partir de laquelle, défendent-ils en sous-texte, le monde est à la fois éclaté et réunit sous la pensée économique néoclassique qui a trouvé dans l'IA une autre manière de quantifier et prévoir les conduites.

Ensuite, Cardon pose une question pertinente pour cette thèse : « est-ce que les algorithmes marchent parce que les individus sont réguliers ou les prescriptions des algorithmes les rendent-ils réguliers<sup>70</sup> ? ». De son côté, Sadin est l'un des rares auteurs à mettre de l'avant l'importance des objets connectés et leur capacité à capter les traces laissées par les conduites des êtres humains à travers le déploiement de détecteurs de sons (ex. voix), de mouvements (ex.

---

<sup>69</sup> Ibid., p. 4.

<sup>70</sup> Cardon, *À quoi ...*, p. 66. L'auteur pose cette question tout en y répondant, puisque transparait au fil des pages un parti pris pour la seconde hypothèse.

positionnement GPS), de température (ex. thermostats « intelligents »), de lumières, etc. Je reformulerai ces deux points dans le septième chapitre.

Malheureusement, les analyses des deux auteurs pèchent par l'omission de l'irréductibilité sociale de la conception et de l'usage des techniques en général et de l'IA en particulier. L'usage ne peut exister qu'au travers d'une pluralité de rapports sociaux et non pas seulement économiques, présents avant même que les algorithmes ne se propagent à grande échelle et réengagés à la suite de nouvelles interprétations à leur sujet. Il en est de même du travail de recherche en IA et de sa diffusion par les informaticiens et les propriétaires des grandes entreprises américaines, le GAFAM en un mot. Cependant, Dominique Cardon sauvera son « sujet » si l'on peut dire à la toute fin de son livre où en quelques lignes il admet la possibilité d'appropriations multiples et imprévisibles. Du coup, il lui accorde une capacité réflexive et fait place à la contingence. Éric Sadin aborde à juste titre la question du pouvoir, mais l'envisage uniquement dans sa forme politique, sous son aspect coercitif. Loin de nier cet aspect, son collègue Jean De Munck étendra la réflexion à la dimension sociale d'un savoir développé dans le cadre d'un « pouvoir comme distribution du savoir<sup>71</sup> » en s'appuyant sur « The Nature of Power » du sociologue Barry Barnes tout en rappelant la démarche précurseur de Hannah Arendt dans son livre « Du mensonge à la violence<sup>72</sup> ». Il élabore ce que je nomme une théorie de l'apprentissage dans une perspective épistémique et processuelle.

La question du pouvoir abordé par Cardon et Sadin omet le « Lien fondamental unissant pouvoir et capacité d'action collective<sup>73</sup> ». De Munck rappelle que le pouvoir selon Arendt consiste en « à l'aptitude de l'homme à agir, et à agir de façon concertée. Le pouvoir n'est jamais une propriété individuelle; il appartient à un groupe, et continue à lui appartenir aussi longtemps que ce groupe n'est pas divisé<sup>74</sup>. » Le pouvoir s'élabore dans la diversité des liens avec les autres.

---

<sup>71</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 146 et suivantes.

<sup>72</sup> Hannah Arendt, *Du mensonge à la violence* (Paris: Calmann-Levy, 1969 (1972)). Voir le troisième essai « Sur la violence » p. 105 et suivantes.

<sup>73</sup> De Munck, *Op. Cit.*, p. 141.

<sup>74</sup> *Ibid.*, p. 141.



Réside ici l'idée du sociologue Maurice Halbwachs développée dès les années 1920<sup>75</sup> sur la dimension relationnelle de toute connaissance qui guide l'action.

Se rejoue chez Sadin et Cardon l'éternelle dichotomie individu\société<sup>76</sup> en IA dans un rapport unique de « domination », de « soumission » et de « reproduction ». Comme le rappelle Marc Joly, cette dichotomie n'est pas le propre de la sociologie et existait bien avant la fondation de la discipline. Les grands courants de la sociologie furent souvent interprétés abusivement en ces termes, que la réflexion prenne pour objet le « fait social » chez Durkheim, celui de la signification des actions dans l'activité sociale pour Max Weber, l'action réciproque chez Simmel, les interactions en situations chez Blumer ou encore les « méthodes singulières et locales mises en œuvre par les membres » pour Garfinkel<sup>77</sup>. Ceci m'amène à présenter mon sujet en quatre questions.

## Quelques Questions sur l'IA

Dans cette section, je présente la thèse en termes non sociologiques, car c'est bel et bien comme cela que j'ai débuté ma longue quête d'une compréhension des algorithmes selon les perspectives informaticienne et sociologique.

### Qu'est-ce que l'IA contemporaine?

C'est un artefact, c'est-à-dire un outil du point de vue d'une anthropologie des techniques qui sert à « faire ». L'emploi du terme « artefact » vise également à mettre un terme à la prétendue virtualité et immatérialité des programmes informatiques.

Une des ingénieures interrogées disait que : « pendant 50 ans, l'intelligence artificielle n'a pas arrêté de promettre et de ne pas livrer » (Laurence F., administratrice). Deux faits ont attiré

---

<sup>75</sup> Le cadre théorique de cette thèse sera celui d'une sociologie de la mémoire avec le concept de « mémoire sociale ». Maurice Halbwachs, *Les cadres sociaux de la mémoire*: (Berlin, New York: DE GRUYTER MOUTON, 1976); Maurice Halbwachs, *La mémoire collective*, 2e édition (Chicoutimi: Les classiques des sciences sociales, 1950); Maurice Halbwachs, *Morphologie sociale* (Chicoutimi: Les classiques des sciences sociales, 1938).

<sup>76</sup> Marc Joly, « L'antinomie individu/société dans les sciences humaines et sociales », *Revue européenne des sciences sociales*, 52-1, 193-223.

<sup>77</sup> Jean-Michel Berthelot, *Sociologie. Épistémologie d'une discipline. Textes fondamentaux*. (Brussels: De Boeck Université, 2000), p. 467.

mon attention vers les années 2015-2016. D'une part, sortie du laboratoire, elle est opérationnelle et d'autre part, elle porte sur le savoir courant de monsieur et madame tout le monde.

Les systèmes experts de l'IA dite « classique » mettaient en forme la connaissance savante (ex. botanique) et à laquelle je ne m'intéresse pas dans cette thèse même si les algorithmes actuels sont utilisés par les sciences et sciences appliquées. L'IA marque notre époque par son insertion dans la vie quotidienne, présente dans les téléphones et plus généralement dans les objets connectés, le fameux Internet of Things.

Je donne à l'IA contemporaine le nom de « Modèle ML<sup>78</sup> » que le chapitre 3, « Le modèle ML, une activité de schématisation » définira par un tour d'horizon des techniques et des raisonnements à l'œuvre chez les chercheurs.

### **Comment l'IA fonctionne-t-elle une fois dans les mains des usagers?**

Après avoir présenté l'artefact, j'affirme qu'il ne se ramène pas seulement à une forme mathématique, mais qu'il est aussi un contenu, et ce, à la différence d'un simple marteau. Il produit des propositions affirmatives (ex. probabilité que tel événement survienne), prescriptives (ex. Netflix rappelle de ne pas oublier de terminer de regarder tel film ou série), descriptives (ex. algorithme qui décrit le contenu d'une image), autant de résultats variables et interprétés en termes de « connaissances » et plus ou moins prises en compte par l'utilisateur pour agir. Ce sera le chapitre 4 intitulé « Le modèle ML, un tiers médiateur technicisé ».

### **Pourquoi utiliserions-nous des algorithmes d'IA dans notre quotidien?**

Pourquoi les unités électroniques « Google Home » et « Google mini », « Echo dot » et « Echo Alexa » se vendent à des dizaines de millions d'exemplaires ? Pourquoi sommer la ménagerie d'IA des grandes entreprises américaines, « Siri », « Ok Google », « Alexa » et « Cortana » insérées dans nos téléphones ? Pourquoi suivre les recommandations de Netflix, de la plateforme musicale Deezer, du moteur de recherche Google ou de l'application de guidage GPS intégrée dans l'application « Google Maps » ? Sonnent-ils familier à nos oreilles ? Par exemple, ravivent-ils la

---

<sup>78</sup> Modèle Machine Learning. Voir plus loin dans cette introduction les raisons du choix de ce terme.

mémoire de notre socialisation en entreprise, lors de nos emplois dans diverses organisations ? Autrement dit, dans quels « existants » s'insèrent les algorithmes ? Le cinquième chapitre présente quatre idées guidant le développement des algorithmes : les « sciences de la gestion », les sciences pures, un être humain qui aurait besoin d'aide selon les chercheurs interrogés et l'importance de la créativité. Ces idées bénéficient déjà d'une reconnaissance collective établie bien avant la diffusion de l'IA et, par leurs renvois à nos expériences respectives, elles contribuent par là même à la propagation et au succès relatifs des algorithmes.

### **Pourquoi de nombreux informaticiens et ingénieurs se prennent-ils pour des scientifiques?**

Parmi les idées énoncées ci-haut, la proximité avec les « scientifiques » me semble la plus singulière. Les entretiens et la littérature technique montrent que les chercheurs se questionnent sur les propriétés de la connaissance engagée dans leur travail de recherche et celle produite par leurs artefacts. La réponse proposée au chapitre 6 étudie leur questionnement autour des propriétés d'une connaissance qu'ils disent « vraie », « démontrée », « efficace » et « nouvelle ».

### **Où nous mène cette myriade d'algorithmes d'IA déployés?**

Je ne m'engage pas dans une recherche prospective. Les objets connectés sont déjà là par milliards<sup>79</sup>. En outre, plus une seule des applications logées dans nos ordinateurs et téléphones ne fonctionne en vase clos. Elles sont toujours connectées à d'autres logiciels via le réseau Internet dans un échange continu et contestable de données. Pour nos chercheurs, l'IA ne vit qu'un « buzz » de plus à l'horizon duquel l'hiver prochain ne la fera pas disparaître, mais simplement se fondre dans l'ensemble des techniques informatiques existantes. Autrement dit, l'IA est là pour rester et avec elle son itération matérielle dans les objets connectés :

---

<sup>79</sup> Selon la firme américaine IDC, les dépenses des diverses organisations en USD devraient dépasser les 1000 milliards en 2022 : International Data Corporation (IDC), « Internet of Things Ecosystem and Trends », IDC - Analyse the Future, 2020, [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC\\_P24793](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P24793). En 2018, la firme Gartner prévoyait 14,2 milliards d'unités connectées (« connected things ») découlant des applications en intelligence artificielle et 25 milliards d'ici 2021 : Gartner, « Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends », 2018, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>.

Premièrement, je dirais c'est encore un mot sexy, « internet of things. ». Depuis **très longtemps, on a des objets connectés**. La différence est qu'aujourd'hui le nombre augmente rapidement. Il y a une miniaturisation des objets. La bande passante augmente, mais si on va dans une usine d'il y a 20 ou 30 ans, j'ai déjà vu de systèmes très avancés. On avait des **capteurs de température, des capteurs de niveau dans des bassins**. Par exemple, dans l'industrie agroalimentaire, il y avait **plein d'automates sur les chaînes de production** qui fonctionnent. **Les objets connectés, ce n'est pas nouveau pour moi**. Même, ça me fait un peu rire des fois. Les gens viennent de découvrir ça, oui. Puis, des fois, il y a des chercheurs qui disent « ah oui, moi je fais des objets connectés ». Oui, mais du côté fondamental, il n'y a rien de nouveau à part ce que je viens de dire : **le nombre, les capacités, la miniaturisation**. Évidemment, plus **les objets vont être capables d'aller chercher des informations dans l'environnement, plus on va vouloir exploiter ces données-là. On va vouloir prendre des décisions pour déclencher des choses. C'est là que l'IA intervient**. C'est juste une application de l'IA qui est rendue possible avec les données (Manuel T., informaticien).

Au fond deux idées relativement simples prirent racine durant ces dernières années dans le monde informatique. La première consiste à recouper les activités des personnes sur les réseaux sociaux Facebook, YouTube, Instagram par exemple avec celles de la vie de tous les jours, la banalité d'un quotidien où l'on mange, boit et dort afin d'identifier des schémas récurrents de conduite, des « patterns » comme disent les chercheurs de l'enquête :

Je suis une compagnie d'assurance et je veux savoir quel tarif je vais vous offrir. Plus j'ai de données sur vous, mieux je peux prédire ce qui va arriver. Si vous avez un compte Facebook, **vous commentez des commentaires et si on est capable de déceler une agressivité dans les commentaires, on va se dire que peut-être sur la route ça va être quelqu'un d'agressif** et qu'il va peut-être avoir plus d'accidents alors que si l'on découvre d'autres patterns ... **donc si on a des données de localisation et que l'on regarde les accélérations sont douces**, il n'y a pas de freinage brusque... je ne sais pas si vous avez entendu parler de Ajusto de Desjardins, le petit bidule qui nous suit, **c'est un peu ça l'idée du Big Data. C'est d'accumuler le plus de données possible, de trouver des patterns dedans, de prédire des conséquences de tout ça** ... (Manuel T., informaticien).

Ce recouplement des données qui repose de plus en plus sur les « petits bidules » connectés part d'une conception « relationnelle » de la connaissance ordinaire, sa constitution « sociale » dont le secteur informatique vise une formalisation automatisée.

Les objets connectés, l'importance pour cette thèse des « sciences de la gestion<sup>80</sup> » et la notion de réseau l'inscrit dans le prolongement des études des trente dernières années sur cette

---

<sup>80</sup> Un des plus connus est l'ouvrage des sociologues Luc Boltanski et Ève Chiappello sur la « cité par projet » : Luc Boltanski et Ève Chiappello, *Le nouvel esprit du capitalisme*, TEL (Paris: Gallimard, 2010).

« société informationnelle » de Robert Castells<sup>81</sup>, une « nouvelle représentation générale des sociétés<sup>82</sup> » en réseau ou encore « l'esprit gestionnaire<sup>83</sup> » qui s'empara des fonctionnaires d'État.

Une des activités centrale et constitutive du réseau contemporain humain-humains via les machines est la modélisation à grande échelle des conduites et dont les résultats sont remis en jeu au sein du réseau. Des variables supposément les plus pertinentes sont retenues de manière automatique et mise en lien encore ici de manière automatique par des algorithmes de types « Deep Learning » (chap. 3). Elles représentent avec leurs limites (chap. 3, 4, 7) la réalité de ce qu'est un chat, des habitudes de chauffage de l'utilisateur Lambda ou des habitudes d'écoute de musique par exemple.

L'automatisation croissante de cette modélisation au sein du réseau est effectuée essentiellement par les services du GAFAM tels que Youtube ou Instagram. Je regarde ces services comme un ensemble d'algorithmes dont plusieurs sont articulés les uns aux autres. Citons en exemple les algorithmes suivants: Algorithmes de recommandation d'achats; Algorithme utilisés en prévention de crime (géo spécifique); Algorithme de probabilité de récidive; Algorithme utilisé en assurance pour évaluer le risque au regard du style de vie; Algo de gestion des candidatures (CV); Algo d'analyse de la consommation; Algo d'écriture automatique d'articles journalistiques; Algo pour l'éducation (Emotion Cues pour reconnaître les émotions des élèves afin de juger de leur niveau d'attention); tous les algorithmes qui croisent les données de notre navigation Web, avec nos déplacements, les achats en ligne, les lectures de journaux, les publications sur les réseaux sociaux, les vidéos Youtube.

Dans le cadre de cette « société en réseau » et mise à jour en continu, les usagers pensent pour partie leur conduite en fonction des résultats produits par des calculs et dont je présenterai la modalité et ses limites (chap. 4, 7).

---

<sup>81</sup> Manuel Castells, *La Société En Réseaux: L'ère De L'information* (Paris: Fayard, 1998). Nous reviendrons au chap. 7 sur cet auteur.

<sup>82</sup> Luc Boltanski, « Les changements actuels du capitalisme et la culture du projet », *Cosmopolitiques* 12 (2008): 17-42., p. 29.

<sup>83</sup> Albert Ogien, *L'esprit gestionnaire* (Paris: École des hautes études en sciences sociales (EHSS), 1995). Nous reviendrons au chap. 5 sur cet auteur.

## L'IA comme objet social : le « modèle ML »

Dès le départ, le vocabulaire en informatique s'avère un enjeu quasi insurmontable. Quel nom donner à l'IA tout au long de cette thèse au regard de l'objectivation sociologique que j'en fais ? En qualifiant cet objet de « social » et selon les philosophes Pierre Livet et Frédéric Nef, l'important est de retenir « [...] que les objets sociaux sont une gamme intermédiaire d'objets qui n'ont des propriétés ni purement objectives ni purement subjectives<sup>84</sup> ».

Conservons-nous l'expression « intelligence artificielle » ? Trop vague, terme médiatique et de la littérature de science-fiction, ayant autant de définitions que de disciplines et spécialisations impliquées, elle recoupe aussi bien les programmes informatiques des années 1950-1980 que ceux d'aujourd'hui selon diverses approches (ex. algorithmes génétiques, connexionnistes, arbres de décisions).

Le substantif « programme » est un peu mieux. C'est un fichier qui, tout comme un écrit rédigé à l'aide du logiciel de bureautique Word, contient du texte sous la forme d'un langage non pas naturel, mais propre à l'informatique (ex. Java, Python, C++) et utilisable à travers un éditeur de texte dédié<sup>85</sup>.

Le terme de « logiciel » ne convient pas non plus. Il désigne la version commerciale de plusieurs programmes articulés les uns aux autres, tout comme le mot « application » (« apps »), en vogue depuis l'introduction du « Apple Store » et du « Google Store » à la fin des années 2000.

Boullier et son collègue Al Mhamdi définissent l'« Algorithme » selon l'usage qu'ils en font dans leur article et qui n'est pas le mien ici en disant qu'« Un algorithme est une suite finie d'instructions simples permettant (ou non) de résoudre un problème ». Cette définition s'applique aussi bien à un logiciel qu'à un programme. En soi, elle révèle toute la difficulté que les chercheurs des sciences sociales, y compris moi-même avons à désigner ce dont nous parlons. Tout est affaire d'instructions dans divers langages informatiques au choix du programmeur, du chercheur et de l'organisation pour laquelle ils travaillent, commerciale ou non.

---

<sup>84</sup> Pierre Livet et Frédéric Nef, *Les êtres sociaux. Processus et virtualités* (Paris: Hermann, 2009)., p. 65.

<sup>85</sup> Ex. Visual Studio de Microsoft.

L'expression « modèle ML » (« Modèle Machine Learning<sup>86</sup> ») vise à résumer que la recherche en IA se rapporte à une modélisation particulière et à une certaine forme d'apprentissage définie au chapitre 3. Le modèle lie les variables entre elles :

« Selon la formule de Yann LeCun, l'ambition des concepteurs des machines connexionnistes est de mettre le monde dans un vecteur ( world2vec ). Au lieu de transformer les entrées en symboles articulés par un tissu de concepts interdépendants, cette vectorisation fabrique des voisinages entre des propriétés internes aux éléments du corpus d'apprentissage<sup>87</sup>. »

Cardon et ses collègues discutent notamment de l'approche neuronale en l'opposant à l'IA classique (« Symboles » et « concepts »). Le voisinage s'élabore par des mises en relations mathématiques et le chapitre 3 explore ce type de liens.

« Modèle ML » contient également l'idée que la modélisation est une activité de recherche à l'origine de laquelle, les informaticiens et ingénieurs transposent dans leur lexique et opérations leur conception de la vie sociale, c'est-à-dire des liens sociaux, eux-mêmes issus de rapports propres à leur milieu de recherche (chap. 3, 5, 6). Leur conception du social se décline entre autres choses dans les objets connectés (IoT ou « Internet of Things) dont nous explorons les spécificités au chapitre 7. À l'usage, s'établit un type de lien social entre humains et humains-machines pris entre la réduction propre à tout modèle de l'objet sur lequel il porte, la flexibilité qu'offre la possibilité d'ajustement (le côté « learning ») et le sens donné à l'action par l'utilisateur lambda.

Bref, « Modèle ML » relate une histoire de liens de diverses natures, car pas un algorithme ne se conçoit en solitaire, un algorithme est toujours « en relation avec ». Cette idée est présente dans le concept de l'agent informatique où l'autonomie, la prise de décision et l'action découlent de l'apprentissage.

---

<sup>86</sup> Le dictionnaire Merriam Webster définit le Machine Learning de la façon suivante : « the process by which a computer is able to improve its own performance (as in analyzing image files) by continuously incorporating new data into an existing statistical model ». Bien entendu, je reviendrai tout au long de cette thèse sur cette définition en explicitant sur que j'entends pas « Modèle ML ». Merriam-Webster, « Machine Learning - Noun », Merriam-Webster, 2020, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/machine%20learning>.

<sup>87</sup> Cardon, *La revanche* ..., p. 25

Enfin, « modèle ML » inclut un phénomène relativement nouveau, la captation sonore, visuelle, sensitive (ex. vibrations) et tactile<sup>88</sup> du monde sans laquelle le « Big Data » n'existerait pas.

Si l'expression « modèle ML » rapatrie les idées contenues dans le programme, l'algorithme et l'agent, son rapport avec le logiciel est plutôt ambigu. Ces modèles s'intègrent techniquement dans des produits et services commerciaux que je regarde en tant qu'articulation de modèles ML. Néanmoins, le problème de l'échelle demeure, car les logiciels eux-mêmes s'appellent les uns les autres, installés sur divers serveurs. L'expression « architecture cognitive<sup>89</sup> » conviendrait dans le cadre d'une programmation au cœur de laquelle se situe cette notion d'apprentissage. Toutefois, peut-on dire que Facebook est un logiciel, une articulation de logiciels, une architecture cognitive ou bien un ensemble de modèles ML en relations les uns avec les autres ? De plus, l'expression modèle ML ne rend pas compte de sa matérialité dans des appareils, infrastructures de télécommunication et ordinateurs à distance. Le réseau sociotechnique des objets connectés comme ensemble de rapports entre des modèles ML a été le moyen d'exprimer, en considérant l'usage, ces conditions matérielles. La dernière limite est celle de la création d'un mot de plus aux côtés d'un lexique informatique aussi riche qu'équivoque.

## **L'ambition de cette thèse**

Dans le cadre d'une sociologie des sciences et des techniques, je m'intéresse à ce que nous, en tant que civilisation occidentale, faisons du développement technologique, du monde que nous construisons à l'aide des diverses techniques. Ma préoccupation ne porte pas sur les choix des objets privilégiés par la recherche des laboratoires publics et privés, mais sur les usages, les débouchés selon la question très générale : en quoi telle technique modifie-t-elle ou non notre façon de vivre ? Or, cette question relève d'un exercice de prospective dans la mesure où bien souvent nous ne possédons pas assez de recul sur ces techniques. Elle demeure malgré tout une

---

<sup>88</sup> La moins fréquente. Je pense aux peaux synthétiques dont sont habillées les membres préhensiles de certains robots.

<sup>89</sup> Jean-Sébastien Vayre, « Les machines apprenantes et la (re)production de la société : les enjeux communicationnels de la socialisation algorithmique », *Les Enjeux de l'information et de la communication* 19, n° 2 (2018): 93-111. Voir page 106, 197.



préoccupation d'arrière-plan de mes questions de recherche. En effet, ces modèles ML, trouveraient-ils leur place au sein d'une civilisation qui n'accorderait pas autant d'importance à l'efficacité, à la productivité, à la science ou encore au travail ? Aussi, viennent-ils entériner l'ordre établi ou bien offrent-ils de nouvelles possibilités d'existence ?

Comprendre minimalement l'artefact d'un point de vue technique et saisir du point de vue de la sociologie la façon dont les chercheurs pensent leurs objets nous éclaire sur les catégories de pensées principales qui orientent ces usages et le cas échéant sur les éventuels effets sociétaux (ex. La question de l'accessibilité de ces techniques à tous). En l'occurrence, l'idée de modéliser de nombreuses activités de la vie quotidienne repose sur une représentation à priori de celle-ci de la part de chercheurs localisés socialement par leur profession. Quelle est cette représentation et comment est-elle opérationnalisée dans les artefacts ? Posée autrement, de quels rapports au monde témoignent ingénieurs et informaticiens par l'intermédiaire de leurs connaissances professionnels, savantes et ordinaires ? Ainsi, dans cette thèse, mon travail se ramène à informer de la dimension sociale propre à la technique étudiée.

Je rejette aussi bien la vision atomiste d'individus prisonniers de leurs habitudes que celle d'un groupe unique marchant à la cadence des calculs. Quand bien même nous nous en tenons au seul téléphone « intelligent », les connexions multiples de cette machine avec d'autres machines (ex. via les fameuses « apps » téléchargées du « Google store » et de « Apple Store ») élaborent des regroupements de tailles variées d'utilisateurs aussi bien initiés par ces derniers que par des calculs dont ils ignorent la teneur. Or, comment ceci est-il possible ? Je ne peux pas enquêter auprès des entreprises du GAFAM. Je me contente ici de plonger au cœur de la conception et de l'usage des algorithmes à travers une enquête auprès des chercheurs impliqués, et ce, afin d'en dégager les lignes directrices.

Quoique je ne raisonnerai pas en termes de fragmentation et de totalisation sociales, la première existe techniquement dans la multitude des algorithmes, des ensembles de données et la diversité des objets connectés. La seconde se retrouve dans l'idéologie du « partage » développée dans le dernier chapitre. À la lumière de ces questions, mon travail peut être vu comme un retour sur cette dialectique en présentant une « synthèse » du point de vue

sociologique. La thèse consiste alors à affirmer qu'un réseau sociotechnique piloté par des modèles informatiques d'apprentissage machine et portant sur la connaissance ordinaire restructure l'organisation sociale. Plus précisément, le processus en cours consiste en l'institution d'êtres humains et de machines apprenantes en liens permanents, une mise en réseau des « régularités sociales » obtenues par recoupements et effectuée par les détenteurs des données et des modèles informatiques.

L'idée n'est pas nouvelle avons-nous vu avec Cardon et Sadin et plus largement avec les réflexions sur la représentation en réseau de la vie humaine. Par contre, je propose un cadre théorique sociologique pour la reformuler afin de saisir la façon dont opèrent ces modèles d'apprentissage. Selon une sociologie de la mémoire sociale, je défendrais deux idées. D'une part la constitution technique de l'individualisation (id. la personnalisation des services pour l'utilisateur) passe par des groupes et leur mise en relations. Existe cette idée chez les informaticiens et ingénieurs que nous nous constituons en tant que personne à travers les autres, une conception relationnelle de la connaissance (chap. 4, 7). D'autre part, la reconnaissance sociale de cette nouvelle modalité de mise en relations technique entre ensembles sociaux se voit faciliter par des savoirs déjà institutionnalisés (chap. 3, 5, 6) et une idéologie précise, celle de « partager » (chap. 8) à la frontière de la valeur d'usage chez les ingénieurs et informaticiens et de la valeur d'échange chez les propriétaires des données et des modèles d'apprentissage machine.

## **L'IA comme objet sociologique : « un modèle concret de connaissance »**

### **La question de recherche et l'hypothèse**

D'un point de vue sociologique et non plus communicationnel, cognitiviste, informatique et mathématique et dans la mesure où l'être humain se voit toujours impliquer dans les processus d'ajustement du modèle ML, je défendrai un cadre conceptuel amorcé succinctement à ce stade-ci en commençant par présenter la question de recherche relative à ce rapport au monde qu'entretiennent les chercheurs :

**Quels sont les savoirs et raisonnements chez les chercheurs en IA au fondement de l'élaboration des algorithmes relevant de l'intelligence artificielle contemporaine et qui construisent une représentation opératoire particulière de la vie sociale ?**

Les mots clefs sont « représentations », « opératoire », « raisonnements », « connaissances », « vie sociale ». Exprimée en terme sociologique, cette question devient :

**En quoi les modèles d'apprentissage (« Modèle ML ») sont-ils un nouveau « modèle concret de connaissance » pour l'utilisateur et les informaticiens selon le concept développé par le sociologue Gilles Houles<sup>90</sup> ?**

Cette thèse examine l'hypothèse suivante :

**Les modèles ML sous-tendent une conception relationnelle de la constitution de la connaissance humaine et d'un rapport à la réalité médié par l'action comme moyen d'actualisation et de réactualisation de cette connaissance. Résumé simplement, le concept de « modèle concret de connaissance » objective d'un point de vue sociologique les deux modalités d'existence de la vie que nous retrouvons empiriquement sous deux concepts informatiques : symbolique (leur modèle mathématique) et l'agent ou « celui qui agit », qui invite à agir, qui « concrétise » ou actualise le modèle par l'action.**

Ce modèle concret de connaissance à la conception et lors de son utilisation mobilise les « mémoires sociales » des chercheurs et des usagers (voir plus loin). La remise en jeu continue de ces dernières par les ajustements successifs de modèles ML en lien les uns avec les autres et suite aux actions des usagers (ex. clics de souris, déplacements) constituent un réseau sociotechnique ou en terme sociologique une « morphologie sociotechnique » (voir plus loin).

D'une part, je veux saisir l'objet dit « IA » dans ses deux formes établies par la recherche. La première est un objet abstrait, exprimé en langage mathématique et en divers langages de programmation (chap. 3). Elle nous permet de comprendre le passage de l'objet capté (ex. une personne buvant un café) à son abstraction. Je m'attarderai à l'approche neuronale, dite « deep Learning » ou « apprentissage profond ». La deuxième forme de l'objet IA, sa dimension sociale

---

<sup>90</sup> Gilles Houle, « L'idéologie : un mode de connaissance », *Sociologie et sociétés* 11, n° 1 (1979): 123-145.

dans ce champ de recherche, est un ensemble de significations, soit les connaissances des chercheurs mise en forme par des raisonnements (ex. l'idée d'autonomie des modèles ML découle de l'association qu'ils font entre la prise de décisions et l'apprentissage) (chap. 3, 5, 6, 7). D'autre part, je veux comprendre la mise en usage de la forme abstraite, son insertion dans le quotidien qui tente de saisir une « situation », ce qui pour l'utilisateur n'est que son expérience du moment<sup>91</sup> (ex. regarder un film à partir du service de diffusion en continu Netflix) (chap. 4, 7).

Ces deux axes d'étude élaborent la dimension sociale de l'IA que j'appelle « modèle ML ». Les raisonnements des chercheurs portent sur la conception et l'opérationnalisation des modèles. Ce savoir professionnel exposé tout au long de la thèse repose sur une étude de terrain (chap. 2 de méthodologie). Je reformule ce langage technique et ces raisonnements, ce savoir premier par le savoir sociologique et dont je présente succinctement l'articulation des idées clefs ci-après.

### **La thèse et les principaux concepts**

En réponse à l'hypothèse posée plus haut, quatre concepts cadrent la thèse et organisent son déroulement (chap. 1). La thèse consiste à affirmer que la dimension sociale d'un rapport entre personnes est médiée par un réseau informatique ou selon l'approche sociocognitive, une configuration sociotechnique ou une morphologie sociotechnique si je reprends le concept de « morphologie sociale » de Maurice Halbwachs<sup>92</sup>. Les raisonnements à l'origine de la mise en forme de leur expérience, soit la constitution ou la mise à jour de la mémoire sociale<sup>93</sup> de cette expérience chez l'utilisateur prend en compte à divers degrés que je préciserai (chap. 4) le résultat des calculs. Ce dernier est le produit des mémoires sociales des chercheurs (ex. raisonnements sur l'IA comme aide à l'être humain), de celles des traces des mémoires sociales des autres utilisateurs du réseau et de celles de chaque usager dans une « personnalisation du service » (chap. 4). Autrement dit, la morphologie sociale et plus précisément, la morphologie

---

<sup>91</sup> L'enquête du sociologue Pierre Vergès sur les représentations sociales de l'économie chez divers groupes posait une question semblable : le rapport du modèle à la réalité. L'objet est saisi par les économistes à travers son prix ou le temps nécessaire à sa fabrication. Ce travail de modélisation le transforme en un objet abstrait, l'autonomise alors que par ailleurs les gens dans leur vie quotidienne se l'approprient par le prestige qu'il procure ou son utilité, en somme l'usage social : Pierre Vergès, « 18. Représentations sociales de l'économie : une forme de connaissance », in *Les représentations sociales*, par Denise Jodelet, 7<sup>e</sup> éd. (Presses Universitaires de France, 2003), 407-428

<sup>92</sup> Premier concept. Halbwachs, *La morphologie ...*, *Op. cit.*

<sup>93</sup> Deuxième concept. Halbwachs, *Les cadres ...*, *Op. cit.*

sociotechnique est un réseau de mémoires sociales et de modèle ML comme mémoires technicisées. Ce réseau est la réunion de l'espace idéal et physique, de l'aspect symbolique et matériel de l'existence que plusieurs ingénieurs dénomment le « Social Internet of Things » (Chap. 7). Le modèle ML ramené à un « modèle concret de connaissances<sup>94</sup> » pour les usagers et les chercheurs est par ces deux dimensions, une mémoire sociale ou une configuration sociale *de* l'expérience (constitution de cette mémoire) et *dans* l'expérience<sup>95</sup> (remise en jeu de cette mémoire dans les rapports sociaux).

Je m'interroge sur l'institutionnalisation du modèle ML (chap. 5 et suivants) : deviendra-t-il un médiateur incontournable de tout rapport social ? La question de l'institution<sup>96</sup> est celle de l'aspect normatif du modèle ML. Dans ce cas, la norme peut se résumer à la mise en rapport des personnes et leur maintien (groupes sociaux) par divers calculs. La norme est toute à la fois ce par quoi chacun passe pour raisonner et agir, un moyen d'individualisation dans les rapports avec les autres, un moyen d'élaborer des significations partagées et d'agir ensemble ainsi qu'un moyen de régulation des conduites.

Il en découle un apprentissage des usagers dans le cadre d'une perspective processuelle de la vie sociale de la part des concepteurs et régulatrice de celle-ci, les deux avec leurs limites (chap. 7). Si la norme permet à chacun l'expression de ses capacités, elle existe également « en dehors » de la personne<sup>97</sup>, c'est-à-dire en dehors des groupes qu'elle fréquente. Au fondement du modèle ML comme norme d'un savoir-comment ou d'un savoir-quoi, il existe des savoirs déjà reconnus socialement, c'est-à-dire des significations communes, issues de groupes sociaux auxquels n'appartient pas nécessairement les personnes qui prennent en compte les résultats du modèle ML. Ceci pourrait assurer à cette norme en devenir sa stabilité dans le temps :

---

<sup>94</sup> Troisième concept. Houles, *le sens commun ...*, *Op. cit.*

<sup>95</sup> Paul Sabourin, « Perspective sur la mémoire sociale de Maurice Halbwachs », *Sociologie et sociétés* 29, n° 2 (1997): 139-61.

<sup>96</sup> Quatrième concept. De Munck, *Op. Cit.*

<sup>97</sup> À cet égard, je me réfère aux travaux d'Émile Durkheim, notamment à sa thèse sur la division du travail et les règles de la méthode. Durkheim, É. *Les règles de la méthode*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1894. Durkheim É. *De la division du travail. Livre 1*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1893. Durkheim É. *De la division du travail. Livre 2 et 3*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1893.

- Les « sciences » de la gestion. La prise de décision, la planification, nos activités conçues en tant que projet. Notre expérience professionnelle nous a familiarisé avec cela.
- La science : connaissances par lesquels on passe pour saisir les phénomènes naturels
- Les mathématiques. Dès l'enfance, ils sont associés à un raisonnement autour de l'idée de démonstration et de preuve.
- L'ingénierie. La source d'une multitude d'objets appréciés au quotidien

Enfin, cette morphologie sociotechnique doit son existence au partage des données qui épouse certaines caractéristiques de l'idéologie au sens sociologique du terme.

### **Empirie et objectivation sociologique**

L'aspect empirique des modèles ML se caractérise par les traits suivants :

- **Les liens** (Chap. 3, 4, 7, 8). Les algorithmes ne fonctionnent pas en vase clôt. En réseaux, ils sont toujours en rapport les uns avec les autres. Ces liens sont cruciaux, car ils recèlent l'idée que tout est potentiellement lié à tout, une sorte de configuration où l'espace physique est premier.
- **Captation** (chap. 5, 7). Rien ne peut avoir lieu sans une captation continue du monde grâce aux capteurs embarqués dans les objets connectés (essentiellement, la vision et l'audition, moins souvent l'odorat et le toucher). Le téléphone est l'objet mobile par excellence qui abrite de nombreux capteurs (ex. GPS).
- **Polymorphie** (chap. 7). Les algorithmes prennent la forme des objets du quotidien qui deviennent de facto « connecté ». Tout objet se transforme en calculateur.
- **L'action** (chap. 3, 4, 7). Les algorithmes sont des « entités agissantes » ou rendent les objets comme tels. Le concept « d'agent informatique » indépendamment de l'emploi ou non par les chercheurs, place l'action au centre du modèle d'apprentissage, que ce soit l'action d'un objet mu par un algorithme ou celle de l'être humain (chap. 3, 7).
- **La « statistique »** (chap. 3, 4, 6). Les calculs passent par des agrégats constitués de manière ad hoc et dynamiques dont on ne connaît pas la taille, la nature et les règles d'élaboration et ce, au moment de la construction du modèle aussi bien que de son

exécution. Ce côté « statistique » de corrélation rapproche, regroupe, classe et anonymise les gestes des usagers (ex. écrire un message sur tel sujet) en vue de les remettre en jeu dans les calculs destinés à chacun d'eux.

- **Ajustement** (chap. 3, 4). Au cœur de l'idée d'apprentissage machine, il s'agit de produire des résultats en contexte. Les calculs donnent lieu à des réponses variables et le modèle ML s'ajuste en conséquence.
- **Mémoires techniques** (chap. 3, 4, 7). Avec les algorithmes « agents » disparaît la remise à zéro, le « reset » d'un programme traditionnel. Le réseau de modèles ML ajustés continuellement représente une forme de « cumulation » où s'opèrent un croisement des « patterns » existants au sein des populations plongées dans un tel environnement technologique.

Ces traits techniques sont objectivés d'un point de vue d'une sociologie de la connaissance ou « sociocognitive » et à partir de laquelle, je résume ici ma thèse :

- **Tierce médiation ou relation triadique** (chap. 4, 7, 8). Les usagers pensent leur quotidien par le truchement d'unités qui « agissent », « s'adaptent », « suggèrent » et « écoutent ». Le visionnement d'une vidéo ou le débat entre deux personnes sur ladite vidéo proposée par l'algorithme deviennent des opérations médiées par celui-ci et parce qu'elles ont lieu (lecture ou échanges), elles sont captées et ajustent le modèle en retour qui répondra ou non de manière différente la prochaine fois.
- **Relation diadique** (chap. 4, 7, 8). Cette tierce médiation se présente sous le trait d'une « personnalisation ». Chaque usager d'un objet connecté ou service en ligne se retrouve en rapport avec un modèle qui lui est propre, parce qu'il prend en compte les gestes de son quotidien (ex. se déplacer à tel magasin), tout en passant par des ensembles sociaux absents de la présentation à l'utilisateur du résultat du calcul (relation triadique). La multiplication des groupes sur les réseaux sociaux favorise le développement de cette approche qui en retour renforce la segmentation.

- **Institutionnalisation** (chap. 5, 6, 7, 8). La diffusion croissante des algorithmes est leur passage du statut de règle à norme pour orienter l'action humaine. L'algorithme se pose en guide ou règle si l'on préfère plus ou moins suivie par les usagers en relation diadique avec lui, mais aussi en relation à des groupes spécifiques médié par les calculs (relation triadique). Les modèles ML « en relation avec » deviennent un « schéma opératoire organisateur de la vie sociale », une autre manière de désigner l'institution des algorithmes d'IA en tant que « dispositif cognitif collectif<sup>99</sup> » selon l'expression de Jean De Munck à propos de l'institution. Ces normes émanent principalement des rationalités ou « mémoires sociales » (voir plus loin) propres au gestionnaire, au scientifique, au mathématicien et à l'ingénieur.
- **Configuration sociotechnique** (chap. 7). Cette institutionnalisation en cours se concrétise par l'action et l'espace physique, deux éléments premiers pour les concepteurs des algorithmes en relation les uns avec les autres et avec les usagers. Plusieurs temporalités coexistent dans ce réseau particulier dont celle élaborée par le déplacement (la « mobilité » en informatique) : passé (« cumulation »), présent (la captation et le calcul), le futur (la « prévision »), le cycle (la « régularité »).
- **L'institution des IoT** (chap. 7). C'est l'institution des algorithmes en relation entre eux et avec les usagers. Les activités sur les réseaux sociaux et les résultats de la captation se matérialisent dans les IoT. Cette institution possède à la fois ce côté procédural par le renvoi à chacun de ses habitudes (temps cyclique) et le côté processuel d'un temps linéaire irréversible qui saisit chaque altération pour en présenter le nouvel état (altérité). Autrement dit, les algorithmes fixent ce qui existait déjà, mais consistent également en des moyens de coordination pour de nouvelles actions humaines<sup>100</sup> (ex. réseaux sociaux). L'institution des IoT repose sur des catégories de pensées déjà institutionnalisées à travers diverses disciplines : le problème, l'apprentissage, la prise de décision, l'action,

---

<sup>99</sup> De Munck, p. 137.

<sup>100</sup> Nous n'avons qu'à penser aux actions des partisans du président américain sortant Donald Trump après sa défaite pour un second mandat le 6 novembre 2020.



l'optimisation, l'efficacité et l'efficience<sup>101</sup>, l'activité, la créativité, la rigueur, la démonstration, le « vrai », la nouveauté, le progrès, la répétition, le changement, etc.

- **La régularité** (chap. 7). Les algorithmes mettent en rapport les traces des gestes répétitifs et s'ajustent aux changements. Elle est la forme de généralisation « statistique » produite par les modèles selon l'hypothèse implicite des informaticiens et ingénieurs qu'il existe des faits « fixes » dans un monde en changement continu.
- **La régulation** (chap. 4, 7). L'autre hypothèse implicite des chercheurs est l'existence préalable d'une organisation des engagements de chacun dans une vie sociale dont il ne resterait plus qu'à découvrir l'ordre et à l'améliorer le cas échéant. Il en découle une action humaine pensée sous l'angle de la coordination. La régulation trouve aussi son fondement dans l'hypothèse que la répétition ou la fréquence définit la « normalité » de ce qui est capté. Le modèle ML régule par la visée du résultat, soit celle de servir de référence constitutive à divers degrés des rapports sociaux. Enfin, l'idéologie du partage (voir plus loin) participe de cette régulation des conduites par leur réduction à l'échange de données.
- **Pouvoir (chap., 7, 8)**. À l'échelle des populations, les algorithmes deviennent des règles de l'agir en commun (id. des normes). D'un côté, il y a distribution du savoir et de l'action par décentralisation des calculs, une sorte de « pouvoir-en-commun<sup>104</sup> » favorisant la constitution de nombreux groupes sociaux autour de significations communes. En même temps, il y a concentration de l'exploitation des algorithmes dans les mains de quelques entreprises. Émerge alors un pouvoir au sens classique du terme en tant que rapport de coercition. Cette asymétrie traverse l'économie des données, qui par ailleurs ne peut exister sans le partage.
- **Partage (chap. 3, 7, 8)**. Médiation, relation diadique et institution n'existent que parce chaque usager collectivement contribue à la reconstruction continue des modèles. Le partage est cette condition sine qua non d'abandonner une partie de notre vécu sous la

---

<sup>101</sup> L'efficience concerne les moyens employés alors que l'efficacité est l'atteinte de l'objectif.

<sup>104</sup> De Munck, *Op cit.* Voir cadre théorique à propos de Hannah Arendt.

forme de « données » aux mains des entreprises qui exploitent les algorithmes et rediffusent à tous ce vécu en calculs censés répondre aux besoins spécifiques de chacun. Le partage positionne selon la perspective gestionnaire l'être humain en tant que sujet observé et sujet producteur. Le partage porte sur les données. Leur nature numérique les rend compatibles avec le développement de modèles ML orientés vers une économie de la donnée : celui qui les engendre (ex. l'utilisateur) ne perd rien de cette opération de « don » et celui qui les collige les transforme (calculs) et ce, sans les altérer (stockage infini dans des bases de données).

- **Modèle concret de connaissance** (transversal à tous les chapitres et synthèse au chapitre 8). Je n'entre pas dans les détails à ce stade-ci. Les algorithmes « en relation avec » concourent à l'établissement d'un rapport à l'expérience :
  - Ils sont un cadre de référence pour penser l'action humaine tant du côté des chercheurs que des usagers.
    - Chercheurs. Mise en forme de la connaissance ordinaire (vécu) par un savoir professionnel, notamment par analogie avec le concept d'agent.
    - Usager. Il pense son action en rapport avec le résultat d'un calcul (ex. un chanson suggérée) en termes de possibilités qui peuvent ou non s'actualiser dans l'immédiat ou un futur plus ou moins lointain.
  - Les catégories de pensées des chercheurs sont régulatrices de la connaissance de l'IA. Elles sont opératoires. Elles permettent de concevoir les algorithmes et de penser le monde dans lequel ils s'inscrivent (monde de « problèmes », statut de l'être humain, régulation des conduites, complémentarité de la machine et l'homme, coordination de l'action, etc.).
  - Le partage coexiste avec le mode idéologique tout en s'en distinguant sur plusieurs points. Retenons dans ce résumé trois des traits essentiels de l'idéologie d'un point de vue sociologique :

- Le partage porte sur la connaissance de sens commun
- Socialiser c'est partager et partager revient à échanger des données. Il y a réduction des rapports sociaux à l'aspect technique. En effet, si la science physique se borne à l'irréductibilité physique du monde par l'usage de la mathématique, les modèles ML s'emparent du même langage pour tenter de couvrir l'ensemble des activités humaines en tant que médiateurs de toutes prise de décisions et actions.
- Le partage ne se discute pas : sans partage, pas d'algorithmes.

## Les chapitres

L'enchaînement des chapitres se plie à un double fil conducteur. Le premier témoigne des trois types de connaissances que mes matériaux permettent d'exposer. Le second guide ma lecture de l'IA.

### Mon intention de connaissance

Présentée à la section précédente, elle se résume comme suit :

- *La configuration sociale des pratiques.* Je n'ai pas fait d'observation participante ou d'observation directe.
- *La configuration sociale de la connaissance savante et ordinaire* des chercheurs et *relatives* à leurs pratiques. Ceux sont les chapitres 3, 5 et 6 pour l'essentiel des entretiens. Cette configuration consiste pour partie en des raisonnements qui mettent en forme une connaissance sur la vie sociale proche de celle du gestionnaire, du scientifique et de l'ingénieur. Ces espaces socio sémantiques soulèvent la question de la reconnaissance sociale des modèles ML aidée en cela par des savoirs déjà institutionalisés.
- *Connaissances des chercheurs sur la vie sociale.* Le chapitre 7 conceptualise le réseau des objets connectés en réseau de mémoires technicisées où les usagers pensent le monde et leurs actions à travers une configuration ou morphologie sociotechnique.

- *Connaissance que permet de produire l'artefact.* Cette connaissance produite par l'utilisateur se rapporte au résultat d'un calcul par l'algorithme. Ultiment dans la chaîne de production des « données », « informations » et « connaissances<sup>105</sup> » (chap. 5) cette connaissance se ramène à l'interprétation que l'être humain fait des résultats médiateurs de ses raisonnements et actions (chap. 4). Il restera à faire une étude de terrain auprès des usagers.

Toutefois, précisons que tant la configuration sociale que la perspective sur la vie sociale et commune à un ensemble de chercheurs ne résument pas pour autant la totalité de leurs expériences. Le regard du chercheur exprimé dans un discours aussi bien que dans des articles découle également de son expérience d'une vie plus étendue que son volet professionnel et sur laquelle je n'ai pas d'information. En outre, il s'agit de parvenir à une certaine généralisation, ce qui pose la question méthodologique de la représentativité de mes échantillons (chap. 2).

### **De l'algorithme à la morphologie sociotechnique**

Le second fil conducteur nous fait passer successivement de l'IA et de l'algorithme au modèle ML, puis à la mémoire sociale technicisée, au réseau multi agent, au réseau d'activités, au réseau de régularités et finalement à une morphologie sociotechnique reposant sur le partage proche d'une idéologie au sens sociologique du terme.

Le premier chapitre expose le cadre théorique composé principalement de quatre concepts, qui rappelons-le sont celui d'« objet concret de connaissances » de « mémoire sociale technicisée », de « morphologie sociotechnique » développée à partir de celui de « mémoire sociale<sup>106</sup> » et « morphologie sociale<sup>107</sup> » ainsi que « d'institutionnalisation » par Jean De Munck<sup>108</sup>.

Le chapitre 2 de méthodologie expose la démarche analytique suivie. Il rend compte notamment de l'observatoire sur l'IA que constitue la ville de Montréal, de la difficulté à

---

<sup>105</sup> Je reprends les termes des chercheurs interrogés.

<sup>106</sup> Halbwachs, *Les cadres ... op. cit.*; Halbwachs, *La mémoire ... op. cit.*; Halbwachs, *Morphologie ... op. cit.*

<sup>107</sup> Halbwachs, *Morphologie ... Op. cit.*

<sup>108</sup> De Munck, *Op. cit.*

constituer un échantillon de chercheurs dans ce domaine et de la diversité des relations établies avec les chercheurs lors des entretiens. Ces dernières mettent en relief la localisation sociale de la compréhension de mon objet.

Le chapitre 3 « Le modèle ML, une activité de schématisation » répond à une question de base : de quoi parle-t-on quand on parle d'IA aujourd'hui? Quelles sont les idées « programmées » dans les algorithmes et par ricochet dans les objets connectés ? Nous aurons besoin de ces réponses pour comprendre les chapitres 4 et 7. Gaston Bachelard disait dans son livre « Essai sur la connaissance approchée<sup>109</sup> » que « connaître, c'est décrire pour retrouver », un chapitre plutôt « technique » dirais-je, mais un passage obligé. À cette étape, l'IA, ramenée aux algorithmes dans l'introduction devient dans ce chapitre un modèle de connaissance particulier et inspiré de divers modèles. Les relations mathématiques entre variables existantes ou créées de toutes pièces présentent la version technique du « lien ». Le concept d'agent en informatique et reposant sur un raisonnement par analogie fédère les notions de « liens », « d'action » et de « données ». Il assure le passage de la version technique du « lien » à un « lien » entre êtres humains et modèles ML dont j'explore la dimension sociale dans ce chapitre et les suivants. Ainsi, derrière le nom d'apprentissage dit « automatique », le travail des chercheurs consiste à automatiser l'opération de modélisation de la connaissance ordinaire. Comment cette automatisation opère-t-elle une fois mise en service, sujet du chapitre 4 ?

Le chapitre 4, « le modèle ML, un tiers médiateur technicisé » plonge au cœur de la question du lien social. Il montre que le modèle ML devient une mémoire sociale technicisée à l'usage. J'aborde l'institutionnalisation des algorithmes sous l'angle de « dispositifs cognitifs collectifs<sup>110</sup> ». Au sein d'un groupe de personnes d'une taille quelconque, le modèle ML guide l'action humaine dans le cadre d'un micromonde pour les informaticiens et d'une « situation sociale » pour les sociologues. Or, l'opération de modélisation vise une certaine généralisation, la possibilité d'exécuter l'algorithme dans plusieurs situations semblables. Ainsi, c'est à la fois le côté régulateur et de manière indissociable, cette ambition de dépasser le cas particulier de

---

<sup>109</sup> Gaston Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée* (Paris: Vrin, 1927 (1969)).

<sup>110</sup> De Munck dénomme ainsi le fait institutionnel comme un ensemble de normes, schémas normatifs ou dispositifs cognitifs collectifs. De Munck, p. 137.

chaque situation qui exige la constitution d'une opération de mémorisation comme ajustement du modèle. Le chapitre 3 montrait que cette opération en était une de décomposition en variables que nous analysons ici en termes « d'abstraction », se heurtant du même coup à une opération « d'indexation » de la part de l'utilisateur. Dit autrement, il existe un écart entre une représentation abstraite aussi précise soit-elle par la multiplication des variables et son opérationnalisation qui pour un utilisateur se retrouve dans les significations accordées aux résultats. Je m'appuierai sur Maurice Halbwachs ainsi que sur Jean De Munck pour examiner dans le cadre de l'IA la question classique du rapport à la réalité d'une construction idéale.

Ce cadre de réflexion ne pose pas de prime à bord un rapport de domination. En fait, ce dernier n'est pas une explication, il resterait plutôt à expliquer étant donné que les algorithmes n'entraînent pas dans l'usage une attrition systématique ou automatique devrais-je dire des liens sociaux au profit de seulement ceux médiés par la machine. Par contre, assimiler le modèle ML à une mémoire sociale technicisée lui donne de facto le statut de règle plus ou moins suivie en situation : sur quelles connaissances implicites repose-t-elle et devient-elle une norme ? Le chapitre 3 donnait un début de réponse que je complète au chapitre 5.

Le chapitre 5, « L'institutionnalisation du modèle ML » aborde l'institutionnalisation sous l'angle de savoirs déjà reconnus collectivement : pourraient-ils faciliter l'adoption d'algorithmes porteurs de règles de conduite et de significations familières ? Les « sciences de la gestion », les « sciences pures », l'ingénierie et les mathématiques constituent les quatre formes de connaissances principales légitimées par la nécessité de la « créativité » et de « l'aide à l'être humain ». Les entretiens et les conférences auxquelles j'ai assisté montrent que plusieurs chercheurs s'identifient à des scientifiques. Quoique je discuterai du bien-fondé de leur perspective, la raison pour laquelle ils se perçoivent comme tels est ce qui m'intéresse. Nous en venons au chapitre 6.

Au chapitre 6, « Se percevoir comme scientifique, l'autre versant de l'institutionnalisation » j'explique que les informaticiens se posent des questions qui rejoignent les sciences « pures ». À un lien social, avons-nous vu qui se quantifie, se recompose dynamiquement dans le calcul, en somme son aspect procédural, j'ajoute ici que la connaissance

sur laquelle il repose vise les caractères vrai, démontré, efficace et nouveau. Elle se veut aussi processuelle dans ses modalités d'acquisition que je détaille au chapitre suivant.

Le chapitre 7, « Une morphologie sociotechnique » peut être vu comme le deuxième niveau de généralisation opéré par les algorithmes. Le chapitre 4 discute du premier niveau, une mémoire sociale technicisée et bâtie à l'échelle de la « situation », à partir de groupes sociaux envisagés du point de vue de l'utilisateur lambda. Cette généralisation se voit doubler d'une seconde opération que j'identifie comme celle d'un regroupement et d'un recoupement des activités humaines en un réseau. Il s'objective du côté du génie logiciel par une variante de ce qui existe également en sociologie analytique ou en économie, les systèmes multiagents ou SMA. Dans ce chapitre, je défends l'expression de « réseaux multiagents » (RMA) au regard de l'étude d'une vingtaine de publications techniques sur les IoT et des entretiens et dans lesquels disparaît l'idée de frontière encore présente dans le mot « système ». Une configuration sociotechnique prend forme dans les objets connectés (IoT ou Internet of Things). Ils franchissent selon les concepteurs une nouvelle étape, celle de SIoT ou Social Internet of Things dont l'idée récente en informatique consiste à associer l'intelligence à la capacité à nouer des relations d'ordre « social » ainsi qualifiées par les ingénieurs : les objets deviennent « smarter ». Une morphologie sociotechnique émerge par la mise en relations des activités humaines dans leurs dimensions idéelles et matérielles, une première étape d'analyse qui laisse entrevoir la formation d'un réseau des régularités inhérentes à la vie quotidienne. Ainsi, je passe de la fragmentation technique des espaces et temps des modèles ML à leur réunion non sans me questionner sur la distribution du savoir et la capacité d'agir dans un tel réseau en voie d'institutionnalisation. Cette distribution se voit encadrée par l'idée de « partage ».

Ainsi, le chapitre 8, « Le modèle ML, un modèle concret de connaissances » se veut une synthèse sur le modèle ML comme modèle concret de connaissances construit à partir des catégories centrales en IA de l'action et du partage. L'IA contemporaine n'existe pas sans partage des données et des résultats de calculs. Le partage est à la fois une propriété de la donnée, une relation sociotechnique et une idéologie au sens sociologique du terme. L'économie du « partage » est un de ses aspects importants, le versant mercantile d'une valeur d'usage.

Voici une cartographie du cheminement de cette thèse :

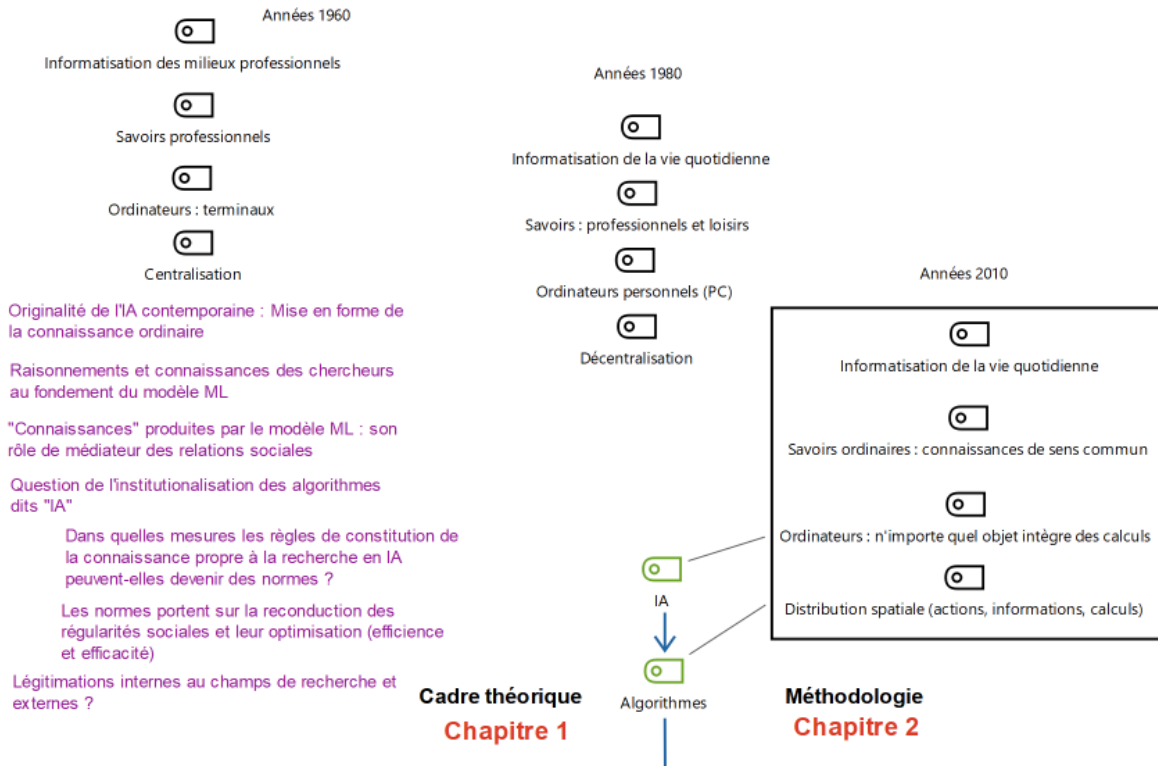
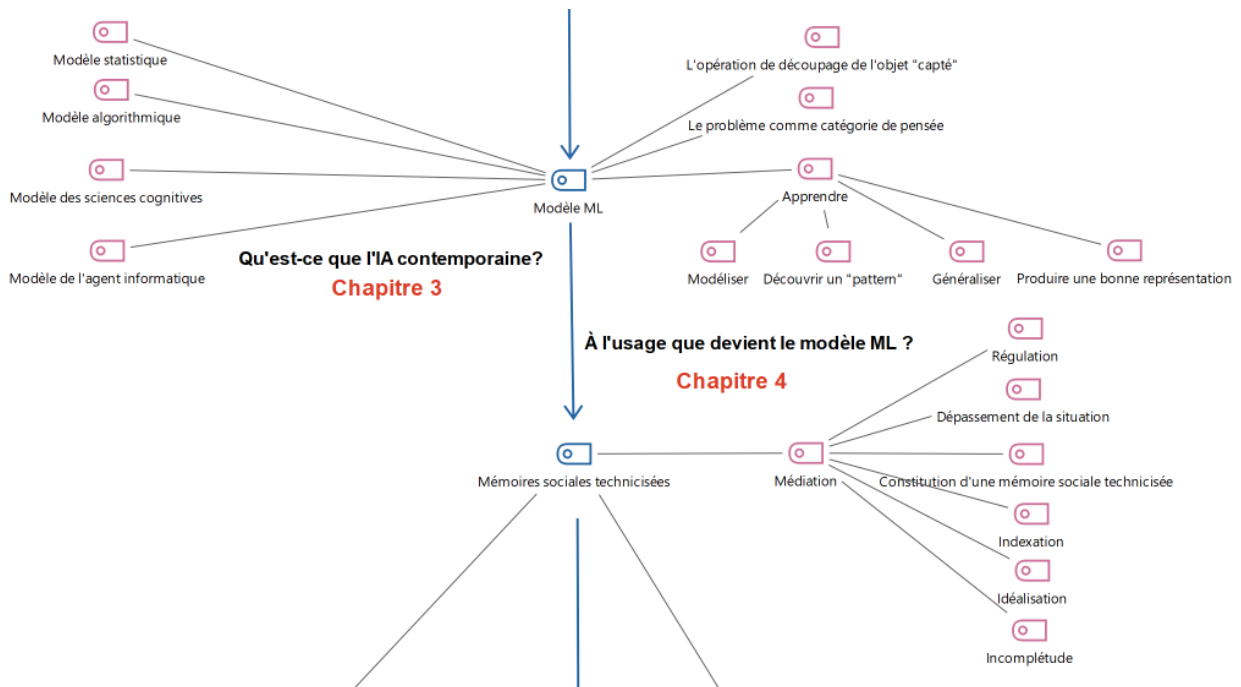


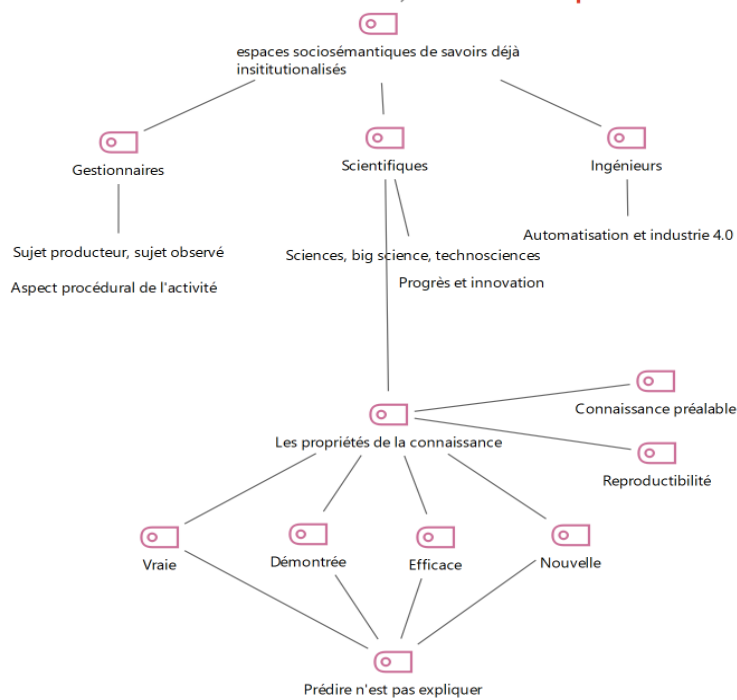
Schéma de la progression de la thèse





**Dans quelles mesures les règles de constitution de la connaissance propre à la recherche en IA peuvent-elles devenir des normes ?**

**Chapitre 5**



Légitimation propre au champs de recherche



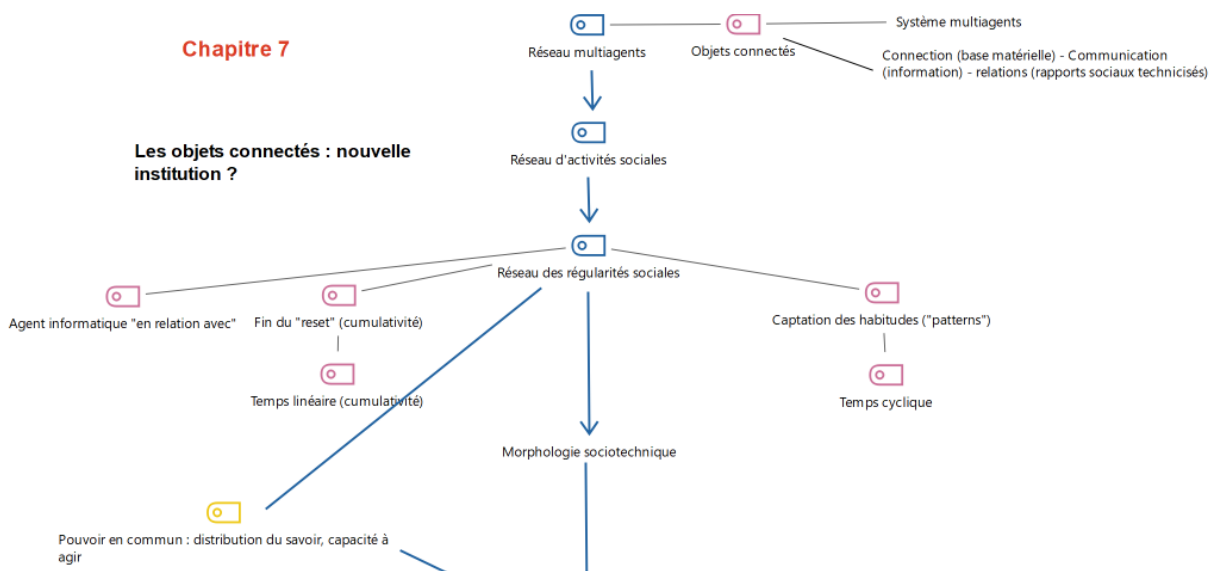
**Pourquoi les chercheurs se perçoivent-ils comme des scientifiques ?**

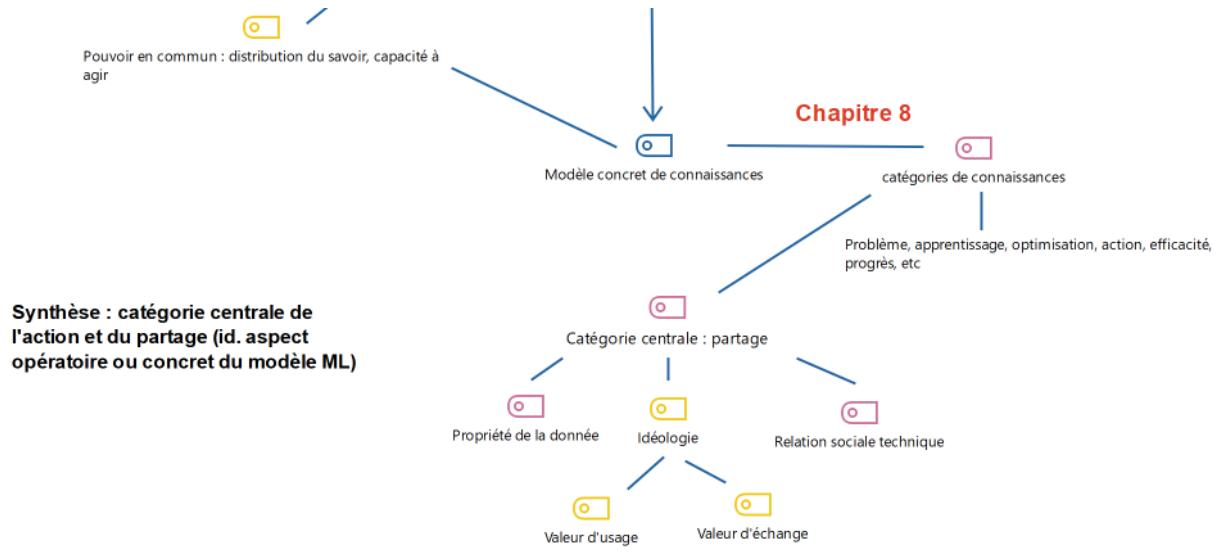
**Chapitre 6**

*Schéma de la progression de la thèse - suite*

**Chapitre 7**

**Les objets connectés : nouvelle institution ?**





*Schéma de la progression de la thèse – fin.*

# **Chapitre 1. Cadre théorique**

## **Le schéma conceptuel**

Voici une représentation schématique des concepts que j'exposerai par la suite :

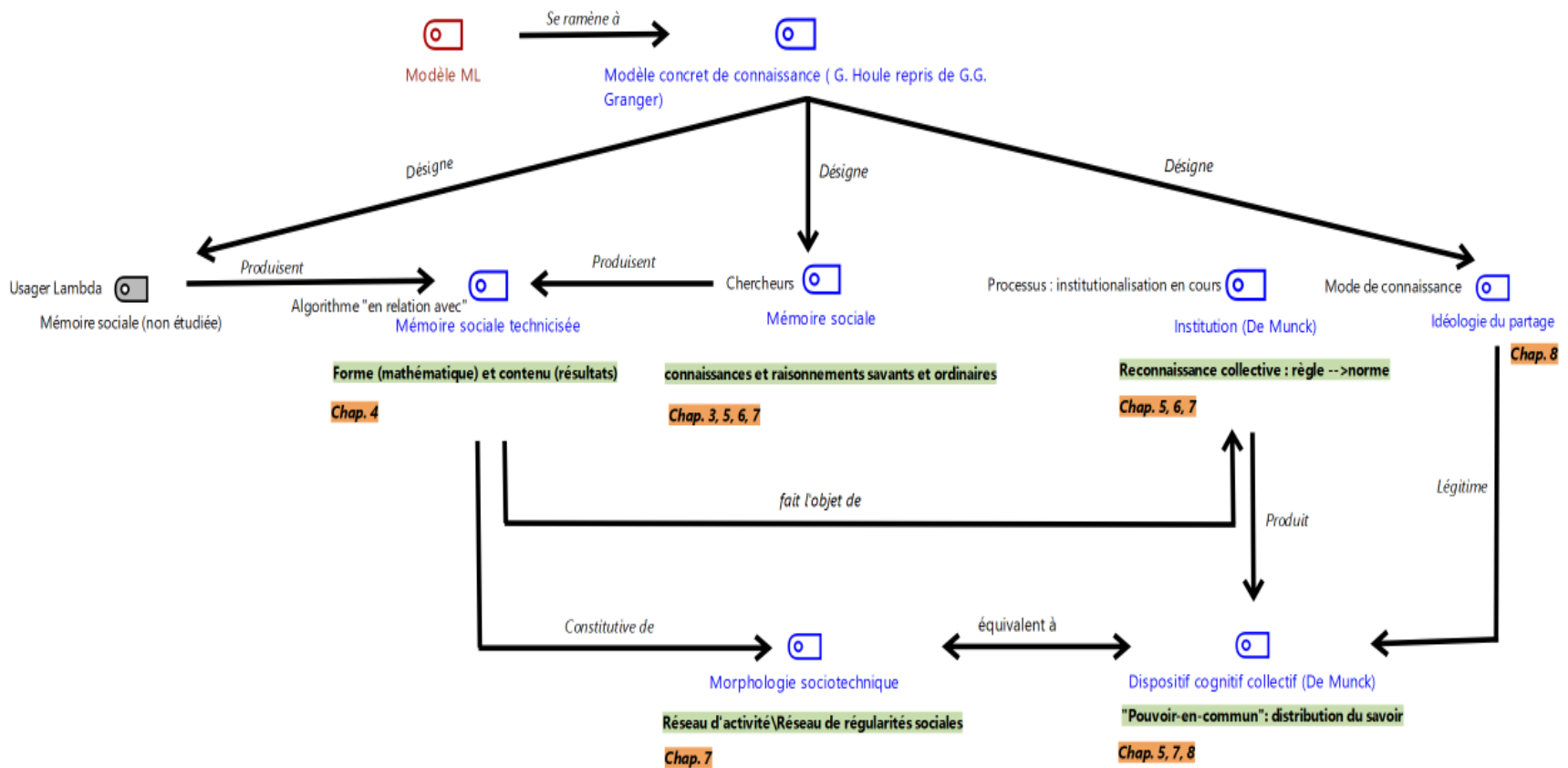


Schéma des concepts employés

## **Le modèle ML : un « modèle concret de connaissance »**

J'explore la dimension sociale de l'intelligence artificielle dans une perspective épistémique. Je montre que l'IA se ramène à un type de modèle particulier qui historiquement, repose sur les mathématiques, les sciences cognitives et l'informatique pour ne citer que les principaux savoirs. L'aspect descriptif du chapitre 3 et présent tout au long de la thèse ne peut faire l'impasse sur des savoirs de plus en plus spécialisés et qu'il est nécessaire non seulement de maîtriser, du moins jusqu'à un niveau donné pour un sociologue, mais aussi de transmettre à un public élargi. De cette interprétation première de l'IA comme modèle ML, se dégage la connaissance sociologique, mon explication selon laquelle ce type de modèle se ramène à « un modèle concret de connaissance », une expression du philosophe des sciences Gilles Gaston Granger dont on peut dire en première approximation que j'explore la production, la légitimation et la reproduction.

Ma lecture va comme suit : le modèle ML est un schéma opératoire organisateur de la vie sociale. Succinctement énoncé, le terme « schéma » renvoie tant du côté des chercheurs que des usagers, à des activités au cours desquelles ils mettent en relation des espaces, des temporalités et des entités diverses telles que des objets et des idées, à travers des raisonnements qui sont notamment sociaux. Le modèle ML organise, au sens où il représente et il structure sous certaines limites les rapports sociaux des usagers. Cet aspect opératoire en fait un « tiers médiateur » ou une « mémoire sociale technicisée » dans les relations dont le pendant est une entité relativement nouvelle en informatique et dénommée « agent ». Je m'appuierai sur le concept de mémoire sociale développée par le sociologue Maurice Halbwachs<sup>111</sup>. Le modèle ML retient sa dimension sociale des conditions dans lesquelles s'élaborent les connaissances des chercheurs en IA ainsi que des groupes d'utilisateurs constitutifs des modèles ML et pris dans une formalisation dynamique de leur vie quotidienne. La diffusion et l'adoption des modèles ML découlent d'un processus de reconnaissance publique grâce à des savoirs sous-jacents déjà institutionnalisés, pour l'essentiel, les mathématiques et l'ingénierie (génie électrique, électronique, logiciel), le savoir implicite des « sciences de la gestion » et un savoir qualifié de « scientifique ». Le modèle

---

<sup>111</sup> Halbwachs, *Les cadres ... op. cit.*; Halbwachs, *La mémoire ... op. cit.*; Halbwachs, *Morphologie ... op. cit.*;

ML présente trois niveaux de normativité. Le premier que je dénomme « découpage » se rattache à sa conception, un regard du chercheur sur le « réel » et à saisir par le prisme des mathématiques mises en œuvre dans les modèles (chap.3). J'assimile le deuxième niveau à une « règle », tierce partie et médiatrice des conduites sociales qu'opèrent les modèles à l'usage (chap. 4 et 7). Le troisième niveau présente les règles au fondement desquelles les savoirs mentionnés ci-haut et déjà reconnus publiquement les transforment en norme (chap.5, 6, 7, 8). Je reformulerai ces trois strates d'analyse de la normativité dans les termes de Jean De Munck.

Venons-en au concept de « modèle concret de connaissances » développé en sociologie par Gilles Houle<sup>112</sup> et attardons-nous sur chacun des mots de cette expression. Tout d'abord, demandons-nous pour qui ces algorithmes sont-ils un modèle de connaissance ? Pour l'essentiel, nos propos portent sur les chercheurs interrogés. Toutefois, il sera aussi question des usagers personnifiés en un usager générique, représentatif de tous les usagers perçus du point de vue des chercheurs (chap. 3)

Il est un modèle au sens sociologique d'une mise en forme de connaissances savantes et de connaissances de sens commun (chap. 3, 5, 6, 7). Ces dernières sont un ensemble de prémisses qui donne un sens à l'activité de recherche et au modèle ML. Ces prémisses ont valeur de règles implicites et relatives à des pratiques sociales ; elles rendent opératoire le modèle (aspect concret), puisqu'elles sont une interprétation du monde en vue d'une intervention sur celui-ci et dans celui-ci tant par les chercheurs que par les usagers. Ces savoirs constituent une forme sociale de connaissance. Ils structurent l'expérience des chercheurs et des usagers et construisent leur réalité<sup>113</sup>. Par exemple, le monde est vu comme un ensemble de problèmes par les informaticiens, une affirmation à laquelle correspond une proposition prescriptive, celle de devoir les résoudre, inscrivant ces activités de connaissances dans une visée de régulation, entre autres choses de type « gestionnaire » (chap. 5,7,8). Pour ces professionnels, le développement d'algorithmes est le moyen de traiter les divers problèmes qui marquent notre monde actuel (ex. environnement, une des préoccupations de nos chercheurs interrogés).

---

<sup>112</sup> Houle, *L'idéologie ...*, *op. cit.*

<sup>113</sup> Ibid.

Ce mélange de connaissances savantes et de sens commun se transforme en « l'unité d'une structure » pour reprendre une expression de G.G. Granger<sup>114</sup> et appelée ici le modèle ML. Les langages mathématiques, informatique et le savoir professionnel lui confèrent une forme explicite, du moins en partie seulement aux côtés d'opérations implicites à l'origine desquelles on trouve par exemple un raisonnement par analogie avec l'être humain (chap. 3). Elles sont localisées par des espaces-temps précis, ne serait-ce que par le lieu de mon échantillon de chercheurs, leurs relations de coprésence et médiatisées par d'autres lieux sociaux (chap. 2) sans compter les divers espaces et temps des ensembles de données sur lesquelles s'appuie l'IA. En outre, les informaticiens jonglent avec plusieurs temporalités, dont celles du progrès, de l'innovation, de la routine et de la prévision (chap. 5, 7).

Le caractère concret du modèle découle entre autres choses de leurs rapports professionnels et constitutifs de leurs pratiques (chap. 5, 6). Toutefois, je n'ai que peu d'informations sur cet aspect faute d'observations sur les lieux de travail, c'est une des limites de la thèse. Ensuite, la conception même du modèle ML repose sur la captation du vécu des usagers, sa formalisation et la remise en jeu de cette dernière dans une reconstruction continue du modèle selon diverses médiations sociales (chap. 4, 7). Enfin, ma réflexion sur le modèle ML soulève la question de la signification selon quatre directions. Je nuancerai l'analyse à partir de la remarque de Gilles Houles qui vaut autant pour les informaticiens, les usagers que pour l'apprenti sociologue :

L'interprétation, même lorsqu'elle vise à faire apparaître le sens qu'un autre a donné à une production symbolique, fait advenir quelque chose qui n'était pas présent dans cette réalité symbolique. Elle n'est donc pas reconstruction d'un sens qui aurait été de tout temps-là, en attente d'être enfin dégagé, mais création d'une signification chaque fois nouvelle: elle n'est pas reproduction du déjà-là, mais production de ce qui n'était pas encore<sup>115</sup>.

Tout d'abord, travailler en IA est une activité signifiante pour les chercheurs. Le modèle ML véhicule le sens implicite que ceux-ci donnent à leur travail (chap. 3,5,6).

---

<sup>114</sup> G.G. Granger *in* Houle, *L'idéologie ...*, *op. cit.* p. 126

<sup>115</sup> Jean Molino *in* Gilles Houle, « Le sens commun comme forme de connaissance: de l'analyse clinique en sociologie », *Sociétés* 19, n° 2 (1987), p. 19.

Ensuite, la question des possibilités de production de nouvelles significations se pose à partir de l'aspect régulateur du modèle ML (chap. 4, 7, 8). Nous examinons sa fonction de régulation des conduites des usagers par le rapport entretenu entre deux formes de « mémoires sociales ». Le modèle ML est une règle pour décider et agir. Il fait sens ne serait-ce que par l'objectif à atteindre : quelle marge de manœuvre offrent les résultats calculés à son destinataire ? Le sens émerge des pratiques de ce dernier de sorte que la régulation du modèle ne couvre pas toutes les significations qu'il produit, car si le modèle ML reconduit le passé, le calcul porte aussi sur l'évaluation de l'écart avec la situation analysée à l'instant t et vécue par l'usager. Une étude plus précise des fondements conceptuels du modèle ML nous amènera à examiner « l'incomplétude de la règle » de l'action humaine pour reprendre une expression de Jean de Munck (chap. 4).

En troisième lieu, les chercheurs interrogés répondent unanimement qu'ils ne se préoccupent pas de la signification comme concept de travail lors de la construction du modèle. Pourtant, quel que soit l'approche suivie en IA, la distinction faite par nos chercheurs entre données, informations et connaissances enrôle l'être humain dans une chaîne technique dont le fil conducteur est justement la signification (chap. 5, 6).

Enfin, d'un point de vue méthodologique, le travail du sociologue en est un d'abord d'interprétation, puis de description et d'analyse des règles implicites (règles sociales) en fonction d'une objectivation sociologique de la connaissance informaticienne où je donne un nouveau sens à l'IA comme fait social dans cette thèse. Ma lecture de l'IA porte sur l'aspect opérationnel que j'affirme se matérialiser dans les objets connectés, une distribution des opérations de captation et de calculs qui produit une mise en réseau des régularités des usagers.

Je reprends la réflexion de Paul Sabourin sur les ontologies sociales de l'espace<sup>116</sup> pour dire que l'apprentissage machine ou « Machine Learning » consiste en la capacité du modèle à produire un espace social précis. La notion de « lien » est au cœur du modèle ML, une opération de mise en relation des traces des objets, des êtres et de leurs actions en des moments

---

<sup>116</sup> Paul Sabourin, « Les catégories de l'espace. Vers une ontologie sociologique des espaces sociaux ? » (Chapitre de livre, Montréal, QC, 2019). Chapitre manuscrit pour le livre en projet : « De la connaissance au cœur du social. Enquêtes sociologiques. ». Éditrice : Nicole Ramognino.



particuliers de leur existence. Autrement dit, l'espace à circonscrire n'est pas donné, il est produit tant du côté des chercheurs que des usagers ; il a une constitution relationnelle et dynamique ; il n'a pas de frontière sur le plan théorique, mais seulement pratique de par les limitations techniques actuelles (chap. 7). L'apprentissage machine consiste ultimement à mettre en rapport un espace idéal avec l'espace social des usagers par une opération de médiation pour élaborer un espace commun dont j'explore les propriétés. « La « morphologie sociotechnique » est la conceptualisation de cet espace à partir d'une conception réactualisée de la « morphologie sociale » de Maurice Halbwachs (chap. 1,2,7).

## **Le concept de « tiers médiateur » chez Halbwachs : la « mémoire sociale »**

Pour le dire sommairement, la tierce partie est la mémoire des relations entretenues avec les autres, les raisonnements et les connaissances qui en découlent. La pensée est une mémoire et la mémoire est relationnelle. Ma compréhension provient pour l'essentiel de la lecture des livres « *Les cadres sociaux de la mémoire*<sup>117</sup> », « *La mémoire collective*<sup>118</sup> », « la morphologie sociale<sup>119</sup> » ainsi que le travail d'interprétation de Gérard Namer<sup>120</sup>, Marie Jaisson<sup>121</sup>, Michel Verret<sup>122</sup> et de Paul Sabourin<sup>123</sup>. En paraphrasant Pierre Verges qui s'exprimait à propos du concept de représentation sociale<sup>124</sup>, on peut dire que Maurice Halbwachs voulait réunir dans un même mouvement les « déterminations collectives » et « la liberté de choix et de création de l'acteur », deux aspects en tension qui se rejouent entre le Modèle ML, son institutionnalisation et l'utilisateur. Halbwachs posait ainsi la « nature indissociablement sociale et cognitive » de la mémoire,

---

<sup>117</sup> Halbwachs, *Les cadres ...*, *op. cit.*

<sup>118</sup> Halbwachs, *La mémoire ...*, *op. cit.*

<sup>119</sup> Halbwachs, *Morphologie ...*, *op. cit.*

<sup>120</sup> Gérard Namer, *Mémoire et société* (Paris: Méridien Klincksieck, 1987).

<sup>121</sup> Marie Jaisson, « Temps et espace chez Maurice Halbwachs », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines* 1, n° 1 (1999): 163-178.

<sup>122</sup> Michel Verret, « Halbwachs ou le deuxième âge du durkheimisme », *Cahiers Internationaux de Sociologie* 53 (1972): 311-336.

<sup>123</sup> Paul Sabourin, « La régionalisation du social. Une approche de l'étude de cas en sociologie », *Sociologie et sociétés* 25, n° 2 (1993): 69-91; Sabourin, *Perspective sur ...*, *op. cit.*; Paul Sabourin, « Une éthique de la connaissance sociologique? », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 65-91.

<sup>124</sup> Pierre Verges, « Représentations sociales partagées, périphériques, indifférentes, d'une minorité: méthode d'approche », *Les cahiers internationaux de psychologie sociale*, n° 28 (1995), p. 77.

dépassant l'opposition entre individu et société pour penser chacun comme étant constitué par des relations sociales au sein de groupes dont les rapports entre eux forment des ensembles sociaux. L'activité mentale individuelle est une échelle d'observation de la pensée sociale relationnelle tandis que la société plutôt que d'être une totalité transcendante existe par la production des relations entre personne, des relations entre groupes sociaux et des relations entre ensembles sociaux.

À un niveau processuel, la mémoire se compose des raisonnements à l'origine d'un contenu qui dans notre cas est la connaissance de l'IA par le chercheur ou celle que l'utilisateur acquiert du résultat présenté par le modèle ML. En fait, la mémoire est un rapport forme-contenu<sup>125</sup>. Elle consiste en des processus organisateurs du savoir ou encore de la représentation dans son rapport à l'expérience sociale. Elle est une mise en forme des contenus suivant des modalités qui renvoient à des règles implicites ou partiellement explicites selon la nature des connaissances. Raisonnements et connaissances ne peuvent se séparer. Ils forment le souvenir, qui au sens donné par le sociologue Maurice Halbwachs, se reconstruit en permanence dans les relations sociales des divers groupes auxquels appartiennent le chercheur et l'utilisateur.

Ainsi, deuxième idée, la mémoire est « sociale » selon le terme employé par Halbwachs. Elle se définit comme l'ensemble des souvenirs à l'échelle de chaque individu, raison pour laquelle Halbwachs utilise parfois l'expression « mémoire individuelle<sup>126</sup> », mais tous issus d'une expérience partagée avec les membres des groupes fréquentés. La connaissance de l'IA ne se ramène pas seulement à celle du chercheur avec lequel je m'entretiens. Ce dernier incarne de son point de vue localisé le savoir théorique et opératoire d'une « communauté » de recherche inscrite dans la dynamique de relations sociales à l'origine des divers groupes en IA (ex. chercheurs en apprentissage profond, chercheurs en algorithmes génétiques) ainsi que les rapports entre ces groupes.

Cette connaissance de l'IA chez les chercheurs et qui, du côté des usagers prend la forme d'une interprétation du résultat, émerge par le biais de « cadres sociaux » ou points de repère,

---

<sup>125</sup> Sabourin, *Perspective sur ...*, *op. cit.*

<sup>126</sup> Halbwachs, *les cadres ...*, *op. cit.*

un souvenir du souvenir selon Namer<sup>127</sup>, le troisième aspect de cette mémoire sociale médiatrice des rapports. Halbwachs les définit comme « le résultat, la somme, la combinaison des souvenirs individuels de beaucoup de membres d'une même société [entendue au sens de regroupement social]. Ils serviraient, peut-être, à les mieux classer après coup, à situer les souvenirs des uns par rapport à ceux des autres<sup>128</sup>. ». Par exemple, un chercheur ne tenait pas un discours sur la mathématique, mais me renvoyait à cette dernière par l'une de ses propriétés, la « rigueur » (chap. 6). Elle lui servait de point d'entrée ou de cadre à partir duquel il opérait un découpage en « communautés » d'IA, chacune distinguée par la place plus ou moins grande accordée aux démonstrations mathématiques définissant cette rigueur selon lui.

Le cadre social de la mémoire remet en jeu le vécu dans un va-et-vient entre présent et passé. Dans les groupes, les interactions sociales, « la réciprocité des perspectives<sup>129</sup> » ou bien le « point de vue » chez Halbwachs fondent la « mémoire *dans* l'expérience<sup>130</sup> ». Le cadre ayant ses points de repère issus des souvenirs passés concourt alors à la formation de l'expérience immédiate<sup>131</sup>. Ce point correspond au primat du passé sur le présent. Cependant, l'inverse, le primat du présent sur le passé fait du cadre un « support de réactualisation » de ce même passé<sup>132</sup>. Ce retraitement cognitif constitue ce que Paul Sabourin appelle « la mémoire *de* l'expérience » soumise comme l'avait montré Jean Piaget au processus plus général d'assimilation et concomitante à celle-ci de l'accommodation, soit l'agrégation du nouveau et de l'ancien savoir en un tout cohérent où se réconcilient les ressemblances et les différences<sup>133</sup>.

Résumons ces deux niveaux d'objectivation que sont la « mémoire sociale » et le « cadre social ». Nous allons voir que le modèle ML s'interpose chez les usagers en tant que version technicisée de la réalité sociale que visent ces concepts et malgré les limites imposées par la technologie actuelle, ils lui confèrent une dimension sociale inédite parmi les artefacts techniques produits jusqu'à présent. Bref, la mémoire de chacun se compose d'un ensemble de cadres et de

---

<sup>127</sup> Namer, *op. cit.*

<sup>128</sup> Halbwachs, *les cadres ...*, *op. cit.*, p. 7.

<sup>129</sup> Sabourin, *Perspective sur ...*, *op. cit.*, p140.

<sup>130</sup> Sabourin, *Perspective sur ...*, *op. cit.*, p146.

<sup>131</sup> Jaisson, *op. cit.*, p. 167

<sup>132</sup> Namer, *op. cit.*, p. 112, 113.

<sup>133</sup> Sabourin, *La régionalisation ...*, *op. cit.*

souvenirs à la fois nés et constitutifs des expériences vécues en groupe. Ils se combinent de manière unique aux autres cadres et souvenirs existants issus du même groupe ou de groupes différents. Ainsi, le collectif existe dans chaque individu qui de facto se situe « à l'intersection de deux points de vue et plus<sup>134</sup> ». La réciprocité des perspectives consiste à se placer à partir des points de vue des autres. En sociologie, mon travail consiste à expliciter la constitution de ces points de vue et aussi les règles de la translation entre ces points de vue pour établir la réalité sociale de l'objet IA. Par exemple, nous verrons comment s'établissent chez les chercheurs les relations entre les sémantiques sociales du « cerveau », de l'« humain », du « lien », des « connaissances », des « données », des « informations » et des « actions ». Ces points de vue, à la fois les connaissances et les relations établies entre elles, ouvrent et ferment des possibilités sociales de connaissances chez l'utilisateur (chap. 4) et chez les chercheurs eux-mêmes (chap. 5, 6). Elles s'actualisent dans les interactions sociales entre chercheurs à l'origine desquelles naissent des référents communs<sup>135</sup>. Les savoirs peuvent être mentionnés explicitement, mais aussi implicitement comme dans le cas des sciences de la gestion.

## **De la médiation à la morphologie sociale**

J'ai défini la mémoire sociale comme médiatrice des rapports aux personnes, à l'espace et aux objets. Je préciserai le concept de médiation à partir de la réflexion de Paul Sabourin qui sous l'angle méthodologique conceptualise « Les médiations sociales de la production des connaissances en sociologie<sup>136</sup> ». La « morphologie sociale » de Maurice Halbwachs fournit un autre niveau de conceptualisation de la mémoire sociale et de la médiation qui me servira de cadre explicatif aussi bien pour le chapitre de méthodologie que celui des objets connectés (chap. 2,7) objectivés en une « morphologie sociotechnique » (chap. 7). La matérialité de l'idéal au centre de la pensée d'Halbwachs met l'accent sur l'espace, un aspect tout aussi important des rapports sociaux et du « social » tels que conçus par les développeurs d'objets connectés.

---

<sup>134</sup> Jaisson, *op. cit.*, p. 167.

<sup>135</sup> Sabourin, *Perspective sur ...*, *op. cit.*

<sup>136</sup> Paul Sabourin, « Les médiations sociales de la production de la connaissance sociologique » (2019). Manuscrit.

## La médiation

La médiation est un raisonnement constitutif d'un savoir tel que le raisonnement par analogie à la source du savoir définissant « l'agent informatique » (chap. 3). Chez Halbwachs<sup>137</sup>, la médiation est, par exemple, le produit des mémoires du voyageur (ses raisonnements et les savoirs afférents) qui régule le rapport entre ce dernier et les chemins anciens qu'il rencontre tel qu'une voie romaine. Le médiateur est cette voie romaine à l'origine de la médiation en tant que raisonnement s'appuyant sur une connaissance savante ou non de la vie sous l'Empire romain de la part du voyageur. Ce médiateur est le résultat de médiations entre groupes sociaux antérieurs, des personnes disparues qui ont construit et emprunté ces chemins<sup>138</sup>. En somme, la médiation est une forme qui est faite de continuités et de ruptures, de rapports de compatibilités et d'incompatibilités en termes de raisonnements et connaissances qui transforment ou créent un contenu (le savoir).

Ainsi, un objet connecté ou un algorithme sont des médiateurs, un rôle toujours fondé sur des médiations puisant dans de nombreux savoirs parmi lesquels ceux de l'informatique, du génie électrique et électronique et ceux de l'utilisateur. Cet objet est ce à quoi on pense (son existence, sa présence dans le lieu et le moment) et la réponse (résultat) qu'il va donner. Cette réponse peut arriver sans que nous ayons sollicité l'objet. Par exemple, une voiture connectée lors d'un voyage affiche des informations sur le lieu et les voitures avoisinantes sur la route<sup>139</sup>. Dans le rapport d'une forme à l'autre, on a une forme mathématique de l'environnement de conduite qui se met en rapport avec les formes de raisonnements des passagers pour produire de nouveaux raisonnements, dont ceux engagés dans des activités de divertissements cités par les ingénieurs<sup>140</sup>.

Par le concept de « médiation », la sociologie objective l'opération d'interprétation inhérente à toute activité des informaticiens (chap. 3, 5, 6, 7) et des usagers (chap. 4). Elle rompt

---

<sup>137</sup> Halbwachs, *Morphologie ...*, *op. cit.*

<sup>138</sup> Halbwachs, *Morphologie ...*, *op. cit.*, p. 9.

<sup>139</sup> Kazi Masudul Alam, Mukesh Saini, et Abdulmotaleb El Saddik, « Toward Social Internet of Vehicles: Concept, Architecture, and Applications », *IEEE Access* 3 (2015): 343-57.

<sup>140</sup> Ingénieurs dont j'ai examiné les raisonnements au travers de leurs articles sur les objets connectés : voir le chapitre 7.

avec le temps linéaire de la traduction et se limite à rendre compte de la seule dimension sociale des activités humaines<sup>141</sup>. Enfin, les raisonnements et savoirs à l'origine de la médiation sont au fondement de l'action et par lesquels on passe pour accomplir quelque chose. Les savoirs et raisonnements sur l'agent informatique servent à programmer sous diverses formes la prise de décision et l'action de la machine qui aboutit entre autres choses par les techniques de la synthèse vocale par exemple à un rapport verbal avec l'être humain (ex. agent interface : chap. 7). Examinons à présent, le passage de la médiation à la morphologie sociale.

### **La morphologie sociale**

La morphologie sociale<sup>142</sup> est la mise en liens des espaces, des objets et des personnes par chacun à travers l'engagement de connaissances et de raisonnements acquis dans ces mêmes liens. Aussi, la morphologie est une configuration des aspects matériels et idéels du vécu. Elle établit des rapports entre les traces d'objets, de personnes présentes ou imaginées, de lieux, de conversations, d'actions des uns et des autres. Halbwachs nous dit que nonobstant les activités particulières dans lesquelles nous sommes engagés, la morphologie met à jour la dimension sociale de déterminations organiques et spatiales dans lesquelles s'ancrent les temporalités de nos expériences.

Ces liens s'élaborent par des médiations saisies à travers leurs différentes matérialités. Revenons un instant sur ces dernières sans déborder sur le chapitre de méthodologie. Les verbatims, les publications des ingénieurs et informaticiens, les objets connectés installés dans

---

<sup>141</sup> Pour le sociologue Paul Sabourin, Bruno Latour utilise le concept de traduction comme explication des rapports alors que celui-ci doit être expliqué. Le sociologue, par son travail d'analyse de la « médiation » explique comment s'opère la traduction en mettant à jour ses règles implicites : « Pourtant, notre position alors comme celle ici montrent clairement que la médiation pensée comme traduction, sur le modèle d'une herméneutique littéraire, ne semble pas la voie à suivre pour expliciter en quoi consiste une médiation sociale. La traduction est une pratique humaine (Mounin, G., 1976, Houdebine-Gravaudqui, A-M. 2004) que l'on peut évoquer et qui, comme toutes les pratiques humaines, peut être objectivée de différents points de vue: linguistique comme sociologique ou autrement. Une théorie scientifique de l'intégralité de la pratique humaine « traduction » est impossible du fait de la réduction de l'intégralité de la réalité toujours nécessaire à la construction d'un objet de connaissance en science qui vise une dimension précise des phénomènes. On peut constater que les règles de traduction que ce soit dans les savoirs ordinaires ou professionnels demeurent essentiellement implicites, elles ne forment pas une modélisation abstraite du phénomène ». Sabourin, *Les médiations ...*, *op. cit.* p12. Dans cette thèse, cette modélisation sociologique en question est celle de « modèle concret de connaissance » et de « mémoire sociale ».

<sup>142</sup> Je m'en tiendrai à l'idée principale sachant que les chapitres 2 et 7 sont une illustration de l'usage que j'en fais et qui espérons-le montreront la pertinence du concept.

les foyers, sont les traces d'activités professionnelles qui offrent autant de points de vue à la fois sur la connaissance du social chez les chercheurs que sur celle produite par les artefacts une fois en service<sup>143</sup>. Toutefois, ces points de vue sont aussi ceux à partir desquels je construis ma propre compréhension sociologique de l'IA. Or, ni ces points de vue, ni la connaissance des chercheurs, ni ma connaissance n'existent ex nihilo. Point central dans mon cas, ils existent à Montréal, une ville très active pour le type de recherche étudiée. De plus, cette thèse engage mon passé où sans m'étendre sur ma vie, je présenterai une perspective localisée socialement de l'IA découlant du cumul de connaissances acquises dans des rapports sociaux plus ou moins lointains, mais suffisamment importants pour se réactualiser lors de la production de mon savoir exposé dans ce travail. En somme, la morphologie sociale montréalaise de l'IA dans laquelle les chercheurs et moi-même nous nous inscrivons met en rapport les écrits professionnels, des souvenirs lointains, des institutions (ex. universités, laboratoires) et des bailleurs de fonds entre autres choses (chap. 2).

Les réseaux d'objets connectés conçus par les ingénieurs (chap. 7) se fondent sur la matérialité des conditions sociales d'existence, une vision concrétisée par les liens établis techniquement entre l'espace, le temps, les objets usuels (ex. maison, auto, pelouse) et les êtres humains à l'aide d'une relation dite « sociale » (« social relation » ou « relationship ») comme unificatrice d'une nouvelle configuration sociotechnique, une morphologie sociotechnique au sens large<sup>144</sup>.

---

<sup>143</sup> Leurs résultats calculés, leurs réponses : une lumière éteinte, la musique mise en marche, une proposition de film de la part du modèle ML de Netflix qui correspond à mes goûts à 97%.

<sup>144</sup> Halbwachs distingue la morphologie au sens strict et au sens large. La morphologie au sens strict voit dans tout regroupement humain quel que soit sa taille, un processus vivant marqué par la mortalité de ses membres, les naissances et la reproduction. La dimension biologique de ces « faits de population » s'inscrit dans divers espaces où la disposition des personnes repose sur le volume (nombre de personnes), la densité (nombres de groupes sur un même espace, de rapports entre groupes), les déplacements et des agencements spatiaux particuliers telles que les villes et les campagnes, les routes ou encore les voies de chemins de fer. Enfin, la morphologie au sens strict étudie la façon dont les gens se représentent dans ces espaces en tant que « réalités organiques ». La dimension sociale du temps se ramène à celui des événements biologiques (ex. mariages à l'automne en campagne cité par Halbwachs). La morphologie au sens large ajoute à la morphologie au sens strict des activités humaines particulières telles que les pratiques religieuses (morphologie religieuse), les formes de circulation des biens et services (morphologie économique) ou encore l'organisation du pouvoir (morphologie politique). Les faits de populations s'étudient en rapport avec celles-ci en termes de modifications réciproques entre les deux morphologies. Halbwachs, *Morphologie ...*, op. cit.

La morphologie sociale est l'équivalent du « lieu crucial de l'esprit » chez Jean De Munck<sup>145</sup> ou le lieu de l'institution ou encore l'ensemble des conduites régies par les rapports sociaux, tant ceux des chercheurs que des usagers et dont le modèle ML fait partie. Autrement dit, le processus d'institution du modèle ML rend compte de sa localisation sociale, de sa morphologie, dès la conception chez les chercheurs (chap. 5, 6, 7), mais aussi à l'usage (chap.4). La morphologie sociale souligne la matérialité des dispositifs informatique<sup>146</sup>. Terminons par Halbwachs à propos du rapport entre l'institution et la morphologie sociale<sup>147</sup> :

Il faut dire plutôt que, qu'il s'agisse d'une entreprise industrielle, d'une bourse des valeurs, d'un organe de la vie politique, nous n'aurons de ces institutions qu'une vue abstraite, si nous ne les plaçons pas en une partie dans l'espace, si nous n'apercevons pas les groupes humains qui en assurent le fonctionnement. Les institutions ne sont pas de simples idées : elles doivent être prises au niveau du sol, toutes chargées de matière, matière humaine et matière inerte, organismes en chair et en os, bâtiments, maisons, lieux, aspects de l'espace. Tout cela tombe sous les sens. Ce sont des figures dans l'espace, qu'on peut décrire, dessiner, mesurer, dont on peut compter les éléments et les parties, reconnaître l'orientation, les déplacements, évaluer les accroissements, les diminutions. C'est en ce sens que tous les organes de la vie sociale ont des formes matérielles.

## **L'institution chez Jean De Munck : une théorie de l'apprentissage selon une perspective épistémique et processuelle**

Dans son livre « L'institution de l'esprit », Jean De Munck part du fait qu'un monde sans règles n'existe pas. Faire et dire quoi que ce soit n'arrive pas n'importe comment, toute activité étant normée. Dès lors, comment expliquer le changement, l'apparition de faits nouveaux si en même temps nous suivons des règles de conduite, pour la plupart communes, du moins au sein d'un groupe social donné ? Cette question renvoie à la flexibilité des règles que nous nous donnons en temps qu'êtres, partie prenante d'ensembles sociaux. De Munck postule que nouveautés, changements, peu importe le nom, surviennent parce que nous apprenons, qu'il existe une capacité d'apprentissage chez l'être humain. Aussi, De Munck se demande 1- qu'est-ce que

---

<sup>145</sup> De Munck, *op. cit.* p. 127.

<sup>146</sup> Voir la critique de la prétendue immatérialité des dispositifs informatiques : Jean-François Blanchette, « A Material History of Bits », *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62, n° 6 (juin 2011): 1042-57.

<sup>147</sup> Halbwachs, *Morphologie ...*, *op. cit.*, p. 8.



l'apprentissage chez l'humain (Réponse rapide: le processus collectif par lequel un acteur au savoir limité peut faire face à l'imprévu) ? 2- Comment apprenons-nous ? (Réponse rapide: interprétations en situation en vue de l'action) ? 3- Quelles sont les conditions qui ouvrent à l'apprentissage ? (Réponse rapide: l'institution comme « dispositif cognitif collectif » et un pouvoir comme moyens de distribution du savoir qui offre les conditions nécessaires pour interpréter, critiquer et reconnaître collectivement des connaissances selon la limite de chacun à se saisir du réel).

« The construction of Social Reality » de John R Searle, Vérité et méthode de Hans Georg Gadamer, Théorie et pratique de Jürgen Habermas, The Nature of Power de Barry Barnes ainsi que Du mensonge à la violence de Hanna Arendt, servent de principaux points d'appui pour présenter ce que je dénomme une théorie de l'apprentissage dans une perspective épistémique et processuelle. Au centre de cette théorie se trouve la question des règles auxquelles se plient nos conduites ainsi que celle de leur flexibilité.

Selon la thèse néolibérale, explique De Munck, la rationalité formelle préexiste, cette rationalité étant en particulier celle du calcul. La règle est première et il s'agit de la découvrir par l'expérience. De là, ce philosophe défend l'idée contraire. De fait, nous en sommes encore là en IA aujourd'hui, mais avec des nuances qui m'ont motivé à travailler sur ce sujet. En outre, le modèle ML privilégie la forme dite « connexionniste<sup>148</sup> » de nos jours (chap. 3) et pose un ordre dans lequel la forme est première et identique, quelle que soit la connaissance ordinaire mise en jeu (chap. 4). Cette raison calculatoire s'exerce dans ses dimensions matérielles et idéelles par les mémoires sociales des usagers et les mémoires sociales technicisées que sont les modèles ML, soit les résultantes des diverses formes de socialisation des informaticiens et des usagers. L'expérience est première et toute situation comprend un certain degré d'incertitude, car malgré leurs similitudes, pas une seule est identique. En suivant Maurice Halbwachs, l'incertitude sera dans cette thèse la pluralité des sémantiques sociales et leurs mises en relations qui nous le

---

<sup>148</sup> Du moins de nos jours et, rappelons-le, pour la reconnaissance vocale et les images principalement, mais également les textes quand ils sont convertis en images. Voir à ce propos les travaux de Microsoft et Intel sur la reconnaissance de lignes de codes informatiques à visée frauduleuse : PC Mag, « How Do You Find Malware? Microsoft and Intel Try Converting It Into 2D Images », PC Magazine, 12 mai 2020, <https://medium.com/pcmag-access/how-do-you-find-malware-microsoft-and-intel-try-converting-it-into-2d-images-11952c74363a>.

verrons, ne peuvent être captées (chap. 4). Le sociologue affirmait lui-même que toute idée, « mémoire » ou savoir (id. « connaissance propositionnelle » chez De Munck) provient de la pratique, du vécu. La connaissance propositionnelle est toujours une « mémoire de l'expérience » comme le précise Paul Sabourin. Ces connaissances sont modélisables au sens sociologique<sup>149</sup>, c'est-à-dire à la fois un contenu et une forme, des opérations cognitives ou raisonnements indissociables de leurs énoncés.

De Munck présente le concept de « raison procédurale » au centre duquel se trouve l'idée avancée par d'autres auteurs que la raison est un processus et qu'elle a une historicité<sup>150</sup>. Jean De Munck aurait pu employer le terme « processuel » plutôt que « procédural » que j'associe aux « sciences de la gestion » et au champ juridique. En effet, le philosophe veut concilier trois idées, à savoir qu'il s'agit de processus (début, déroulement, fin), que ceux-ci possèdent une valeur normative pour l'action, mais qu'il s'agit de procédures flexibles (sujettes à changement). Le processus en question est l'interprétation dans l'action des raisonnements et connaissances engagés dans le moment présent, mais acquis antérieurement et qui servent de guide ou de règles. Ces dernières ne valent que par leur interprétation en situation (ex. mode d'emploi, règle administrative). Révisées le cas échéant, elles mènent à de nouveaux raisonnements et connaissances. Ceci implique que raisonnements et connaissances sont toujours en devenir, parce que transférés d'une situation à l'autre; ils se reconstruisent, du moins en partie. Raisonnements et connaissances laissent toujours la place à une certaine flexibilité pour pouvoir être utilisés dans des circonstances différentes. Dits autrement, ils ne sont pas des instructions figées, mais des références, des prototypes diraient les cognitivistes ou des stéréotypes selon Putnam<sup>151</sup> pour la mise en pratique. Cependant, les références philosophiques de Jean De Munck privent le lecteur d'un exposé sur la construction et reconstruction des processus dans les rapports aux autres. La connaissance est davantage communicationnelle que relationnelle, elle se résume à la réflexivité des acteurs. De même De Munck pose la flexibilité plutôt que de discuter

---

<sup>149</sup> Le modèle sociologique, ici synonyme d'explication, est celui de la « mémoire sociale » et de la morphologie sociale.

<sup>150</sup> Pour lecture : Livet et Nef, *Op. cit.*; Nicole Ramognino, « Normes sociales, normativités individuelle et collective, normativité de l'action », *Langage et société* 119, n° 1 (2007): 13-41, Livet in Nicole Ramognino et Pierre Verges, *Op. cit.*

<sup>151</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 83 et suivantes.

de sa constitution par les liens entre normes ainsi qu'entre sémantiques sociales mises en œuvre dans le rapport des expériences avec les connaissances, que ces dernières soient entre autres choses d'ordre réflexif ou opératoire (ex. chap. 2, 3, 4).

L'apprentissage pour De Munck devient la capacité de chacun à transférer la connaissance et raisonnement acquis dans les situations précédentes à une nouvelle situation. Cette « raison procédurale » se rapproche des travaux d'Halbwachs et de ses interprètes mentionnés plus haut. Toutefois, la configuration sociale exprimée par le concept de morphologie sociale et l'importance accordée à l'espace se réduira chez De Munck à une opération de « distribution » comme expression du pouvoir et équivalent à la dimension sociale de l'action. Quoi qu'il en soit, nous verrons que cette opération de distribution passe toujours par la médiation de groupes sociaux, ce qui donne à l'algorithme le statut de règle pour l'action tout en limitant sa portée (chap. 4).

Dans les termes de Halbwachs, j'avais dit que l'expérience cognitive consiste au passage de la mémoire acquise dans l'expérience à la mémoire de l'expérience et vice versa. La procédure est portée par le langage, localisée dans le temps, l'espace et les objets. De celle-ci émergent des « communautés épistémiques » instituées ou reconnues dans la mesure où chacun s'y réfère pour l'action et maintient ainsi ses liens avec le groupe, le « réel » en tant qu'objectivation sociale chez Houle. Le lieu de l'esprit ou du collectif est alors la relation sociale, un acte langagier, ses actions et ses conditions matérielles d'existence exprimées par sa « morphologie sociale ». Les chapitres 4 et 7 abordent la question du lieu de cette articulation entre mémoires sociales et mémoires sociales technicisées comme ensembles sociotechniques dont je considère la distribution spatiale des calculs dans les objets et réseaux sociaux comme l'aboutissement ultime des recherches actuelles en IA, du moins pour la connaissance ordinaire.

Nous reconnaissons dans l'institution le tiers médiateur chez Maurice Halbwachs et auquel Jean De Munck ne fait pas référence. Ce troisième esprit, cette synthèse hégélienne n'est pas à saisir par la dialectique d'une chose et son contraire, mais dans le fait que des « esprits » ou savoirs individuels en se rencontrant (différents, contraires, en partie similaires) engendrent un esprit, l'institution encore appelé ensemble social, « schémas cognitifs », « processus cognitifs

collectifs<sup>152</sup> », la « raison procédurale » selon l'expression de De Munck ou « raison processuelle » dans cette thèse.

L'intérêt de ce livre réside dans une proposition au sociologue pour sortir de l'opposition individu\société et de la métaphore spatiale micro\macro. Reconnaissons à Maurice Halbwachs l'antériorité de cette idée et pour qui le collectif se situait dans la tête des individus tout en s'enracinant dans ses multiples formes physiques, soit la morphologie sociale dans laquelle ils s'inscrivaient. L'effort d'une synthèse érudite de la part de Jean De Munck permet au lecteur de mieux saisir qu'il ne s'agit plus de mettre en rapport des individus, mais des savoirs. Cette mise en relation repose sur l'idée d'un savoir distribué chez De Munck à la suite de la réflexion du sociologue Barry Barnes. La rencontre entre personnes en devient une entre connaissances élaborées collectivement ou entre mémoires sociales pour Halbwachs et qui s'articulent les unes aux autres pour donner de nouvelles connaissances à l'horizon desquelles se pose leur capacité à élargir ou restreindre l'apprentissage de chacun.

Pour De Munck, un savoir quelconque ouvre à l'apprentissage à partir du moment où les règles de conduite qu'il suppose laissent place à l'interprétation par ceux qui ne les ont pas élaborées. La flexibilité<sup>153</sup> est la propriété centrale de la règle ou de ce savoir comment et ouvre ainsi la voie à la procédure ou la raison procédurale. La procédure est la méthode, un guide pour l'action et qui lui donne un sens. Celle-ci équivaut à dire qu'à l'échelle de la situation et de l'individu, lesdites règles trouveront de nouvelles interprétations. Élaborées dans les rapports avec les autres une première dimension collective se retrouve dans les débats et argumentations sur le sens à lui donner et son adaptation en situation<sup>154</sup>.

---

<sup>152</sup> Ibid. p. 137.

<sup>153</sup> La flexibilité de la règle fait partie de l'incomplétude de la règle. La règle ne dit pas tout, car elle existe au côté d'autres savoirs avec lesquels elle est plus ou moins compatible. Par contre et en continuité avec ma remarque précédente, avoir les règles ne nous dit rien de l'organisation sociales de la connaissance qui les engendrent et explique leur flexibilité.

<sup>154</sup> Bien que Jürgen Habermas soit l'auteur de référence pour Jean De Munck, les débats et argumentations auquel il fait référence se rapproche plutôt du procès de sélection, de connotation et de schématisation présenté par Pierre Vergès dans « les représentations sociales de l'économie » (*Vergès in Jodelet, les représentations ..., op. cit.*). Le chapitre 2 présente ces procès. De Munck rejette la « fiction » de la « situation idéale de parole » au profit de sa thèse sur le pouvoir.

Dès lors, l'institution est un ensemble de normes. La distinction faite par De Munck entre la règle et la norme s'appuie sur la définition durkheimienne de l'institution. Le modèle ML est une règle à l'échelle de chacun pour prendre une décision et agir (chap. 4). Or, il est aussi « une norme d'action » pour l'individu, « définie en dehors de lui », inscrite dans des réalités sociales étrangères, celles des professionnels de la recherche et du déploiement des algorithmes par les entreprises<sup>155</sup> en ce qui concerne cette thèse. « D'une part, dans son rapport au passé, une norme est un résumé sélectif d'apprentissages antérieurs. Elle permet la transmission de l'expérience aux personnes et aux groupes agissant dans le présent<sup>156</sup> ». L'institution est un « milieu », à la fois condition de l'apprentissage et sa résultante. L'institution est un schéma normatif qui autorise la « mise en situation » et la « mise en discours ». Elle articule production de savoirs et capacité d'agir. Certes, elle structure, elle configure, mais en même temps, en tant que schéma de normes, sa sous-détermination ouvre la voie à la création de nouvelles connaissances. Les savoirs circulent d'une situation à l'autre, se transmettent par le langage, à la fois véhicule et moyen de mise en forme de l'expérience. Le langage offre divers niveaux de fixation des significations et des usages, à l'échelle du groupe dans les rapports desquels chacun est partie prenante d'ensembles sociaux plus ou moins grands. Dans leur rapport au futur, ces normes engendrent de nouvelles expériences à partir desquelles émergent des connaissances. Au final, cette circulation et transformation des savoirs, processus appelés « institutionnalisation » est qualifiée d'apprentissage collectif par De Munck. Je montrerai que le réseau de modèle ML est un réseau de régularités sociales (chap. 7) et nous interpelle sur son institutionnalisation, sa reconnaissance comme médiateur principal ou du moins important de l'action collective.

En somme, Jean De Munck nous explique que l'apprentissage repose sur un processus d'interprétation à trois moments cooccurrents. Il y a interprétation de la règle par sa confrontation aux savoirs existants à l'échelle individuelle, par sa « mise en discours » et en discussions avec les Autres, puis sa diffusion à des groupes qui n'ont pas été partie prenante de son élaboration. L'apprentissage de chacun se déroule toujours en conjonction avec d'autres

---

<sup>155</sup> Nous paraphrasons Jean-Michel Berthelot qui résume ce qu'est l'institution selon Durkheim. Berthelot, *Sociologie, ...op. cit.*, p. 32.

<sup>156</sup> De Munck. *Op. cit.*, p. 138

ensembles sociaux. Il transforme la règle pour l'action ou sa « mise en situation » ou « dans l'expérience » et l'insère dans les connaissances existantes ou « de l'expérience ».

## L'usage du cadre théorique

L'idée directrice de cette thèse consiste à dire que le modèle ML se présente comme une référence pour connaître et agir. Le modèle ML formalise ces connaissances de sens commun et enrôle cette formalisation dans les rapports entre usagers. Au cœur de l'apprentissage exposé par Jean de Munck et du concept de « mémoire sociale » de Maurice Halbwachs, le résultat produit par le modèle ML permet de ramener les particularités d'une expérience toujours unique de l'utilisateur lambda à ses expériences antérieures déjà intégrées par le modèle<sup>157</sup> et à transférer la connaissance du moment non seulement dans la prochaine utilisation, puisque les gestes posés recomposeront en partie le modèle ML, mais également à faire reconnaître collectivement des calculs appliqués à tous, tout en étant issus de chacun. Le modèle ML est un moyen de généralisation toujours révisable, une règle à l'échelle des groupes d'utilisateurs dont nous examinerons l'institutionnalisation en cours. Dès lors, je m'interroge sur la flexibilité du modèle ML en tant que règle, mais aussi de norme, la version institutionnalisée de la règle.

La réflexion sur l'institutionnalisation des algorithmes dans les chapitres 4 et 5 reconnaît le rapport au passé de l'algorithme dans un « résumé sélectif d'apprentissages antérieurs<sup>158</sup> » engagés dans les situations présentes. L'algorithme comme règle, devient la norme, c'est-à-dire règle reconnue pour ses significations pertinentes par ceux qui ne l'ont pas élaborée, ne serait-ce que pour « faire l'économie d'un savoir plus complexe ... » se contentant « d'énoncer un savoir-comment sans du tout présupposer la connaissance d'un savoir-pourquoi<sup>159</sup> ». Le lieu des relations sociales disais-je précédemment est celui d'une morphologie au sens d'une mise en relations d'êtres humains, d'espace-temps, d'algorithmes et concrétisés dans les objets connectés (chap. 7). Selon mon interprétation de De Munck et d'Halbwachs, je montre que

---

<sup>157</sup> La quasi-totalité des services informatiques grand public exige de constituer un profil avec son adresse de courriel et un mot de passe. Ces identifiants ouvrent un « compte » et pointent vers des contenus, des traces de nos activités.

<sup>158</sup> Nous reprenons les expressions de Jean De Munck à propos de la norme. De là, le débat sur le caractère opaque des algorithmes pour la prise de décisions par exemple. De Munck, *op. cit.*, p. 138.

<sup>159</sup> *Ibid.* p. 138.

l'algorithme ramené à un fait institutionnel est toujours un algorithme « en relation avec » dont l'ensemble forme un « schéma normatif » ou un « dispositif cognitif collectif <sup>160</sup>», un réseau de modèles ML<sup>161</sup>.

Dans son rapport au futur, l'algorithme « en relation avec » pourrait-il être le moyen de nouveaux apprentissages collectifs, par les significations nouvelles qu'il susciterait à l'usage ? S'il est encore trop tôt pour conférer avec assurance à l'algorithme le statut de « fait institutionnel », je pense que son institutionnalisation a malgré tout commencé. Des savoirs implicites et déjà reconnus collectivement sont au fondement de la conception des algorithmes. Rappelons que Barnes<sup>162</sup> postule une aptitude limitée chez chacun à interpréter le réel. Les informaticiens partent également de cette hypothèse à partir de laquelle, par des propositions évaluatives, ils en font une faiblesse de l'être humain et au nom de laquelle dans une formulation prescriptive une intervention technique s'impose. L'existence du modèle ML se retrouve légitimée en terme « d'aide » et de « collaboration ». Il prend part à cette distribution de la connaissance dans une version proche des « sciences de la gestion » et d'une rationalité limitée au moment de la prise de décision (chap. 5). Sans confondre les modes de production économiques avec les formes d'organisations sociales existantes ou rendues possibles par la diffusion croissante des algorithmes<sup>163</sup>, je défends l'idée que le calcul algorithmique s'appuie entre autres choses sur cet

---

<sup>160</sup> Ibid. p. 137.

<sup>161</sup> À cet égard, Hilo le nouvel agrégateur d'énergie de la compagnie d'électricité HydroQuébec illustre la tendance actuelle. Hilo est un moyen original de régulation des conduites des clients qui par ailleurs aurait pu se faire à travers un prix ajusté à celui du marché du courant électrique si ce n'était la « loi sur la régie de l'électricité et du gaz ». Le contrat d'engagement du client se présente sous la forme d'un jeu énoncé en « défis » à plusieurs milliers d'utilisateurs réunis autour de produits connectés divers dont le thermostat est la vedette. Précisons que ce dernier ne possède pas la capacité de capter les « patterns » des habitants du logement contrairement à son concurrent Nest de Google. L'automatisation de la baisse et de la hausse de la température de la maison aux périodes de pointes donne lieu à des récompenses, mais aussi à des sanctions selon chaque niveau de difficultés « mode Audacieux ou modéré ». Des conduites jugées adéquates sont attendues puisque « En cas de mauvaise utilisation du service nuisant à la contribution de groupe pendant les défis Hilo (surconsommations répétées, manque d'efforts, désistements trop fréquents) ... » le contrat et ses avantages prendront fin. « La contribution de groupe » vise « une mission commune », soit réduire la consommation de courant. Cette orchestration des conduites de chacun en relation avec celles des autres via des objets qui sont branchés sur les serveurs de HydroQuébec et non encore ouvertes aux plateformes de gestion d'objets de Google et Amazon seront-elles la norme de demain ? Le client marginal sera-t-il celui qui refuse ce qui peut être encore défendu aujourd'hui comme le point de vue légitime d'une intrusion dans l'intimité de son foyer ? Voir <https://www.hiloenergie.com/fr-ca/informations/contrat-et-engagement/>

<sup>162</sup> Cité par De Munck. De Munck, *Op. cit.*

<sup>163</sup> La nécessité de cette précision m'est venue de la lecture de l'article de Nicole Laurin sur « Le démantèlement des institutions intermédiaires de la régulation sociale : Nicole Laurin, « Le démantèlement

« esprit gestionnaire », faisant de lui un produit dérivé des rapports qui prévalent au sein des entreprises. Encore une fois, précisons que je ne dis pas que les rapports médiés par les algorithmes se réduisent à des rapports de production ou héritent de facto de toutes leurs propriétés.

Dès lors se pose la question du pouvoir (chap. 7). À partir des écrits de Barry Barnes et Hannah Arendt, De Munck présente une perspective sociologique d'un « pouvoir-en-commun<sup>164</sup>». Selon la prémisse que le savoir est inégalement réparti et différent pour chacun au sein d'une population donnée, le pouvoir consiste à mettre en place les moyens à travers les institutions de distribuer les connaissances parmi les divers ensembles sociaux, et ce, en vue de l'action en commun. Je montrerai dans le cadre des algorithmes « en relation avec » cette connexion généralisée de tout à tout et défendue par les ingénieurs. Ce réseau d'objets connectés et d'êtres humains se ramène à l'instauration d'un cadre cognitif particulier, issu de groupes professionnels précis, mais appliqué à tous, soit une institutionnalisation en cours. Le pouvoir naît des interactions et coordonne l'action. Vu comme un savoir, il se possède sans s'exercer, s'exerce sans être nécessairement reconnu (Le pouvoir est une « croyance commune à l'égard de quelqu'un<sup>165</sup> ») et se cumule. Il émerge du réseau en tant qu'ensemble de règles qui répondent à l'incertitude inhérente à chaque situation. Le pouvoir devient ainsi celui par lequel le changement survient. Le chapitre 7 détaillera ce résumé du pouvoir autour de la préoccupation suivante : étant donné que les règles sur lesquelles sont bâties le réseau orientent, dirigent, modifient les « standards d'interaction<sup>166</sup> », je me questionne sur la propension de l'action collective à gagner ou à perdre « des compétences et des capacités<sup>167</sup> » en agissant par l'intermédiaire du dit réseau ? Enfin, l'idéologie comme « mode de connaissance<sup>168</sup> » du réseau sociotechnique est partie prenante de cette institutionnalisation en cours. Elle offre un cadre cognitif qui remet en cause la

---

des institutions intermédiaires de la régulation sociale: Vers une nouvelle forme de domination », *Sociologie et sociétés* 31, n° 2 (1999): 65-72.

<sup>164</sup> Bernard Quelquejeu, « La nature du pouvoir selon Hannah Arendt: Du pouvoir-sur au pouvoir-en-commun », *Revue des sciences philosophiques et théologiques* TOME 85, n° 3 (2001): 511. Bernard Quelquejeu analyse l'essai « On Violence » de Arendt.

<sup>165</sup> De Munck. *Op. cit.* p. 176.

<sup>166</sup> Nous paraphrasons Jean De Munck. De Munck, *op. cit.*, p. 179, 180.

<sup>167</sup> Ibid. p. 179, 180.

<sup>168</sup> Houle, *l'idéologie .... Op. cit.*



diversité produite par la division habituelle du travail sémantique au sein des ensembles sociaux en fournissant un modèle de légitimité, soit le discours du « partage. » que je conceptualiserai en « idéologie » du point de vue de la sociologie.



## Chapitre 2. La méthodologie

Rendre compte de la dimension sociale de l'objet « IA » engage divers raisonnements propres à la sociologie en général et au sociologue en particulier. Aussi, la méthode est mon cheminement analytique et ses conditions d'exercices à l'origine de la production d'une interprétation des matériaux utilisés et d'une explication qui objectivent l'IA en objet social ou « fait social », puis en objet sociologique.

Rappelons que ma lecture consiste à passer du terme « Intelligence artificielle » à « modèle ML » puis au réseau d'objets connectés (« IoT ») équivalent à un « réseau multiagents » mettant en rapports les régularités des usagers légitimées par l'idéologie du partage. L'objet social ainsi formé se conceptualise selon une approche sociocognitive en « modèle concret de connaissance » constitué à la fois de la « mémoire sociale » des usagers et de celles des informaticiens. L'adoption collective de cet objet social me conduit à parler d'une institutionnalisation en cours où se joue le pouvoir d'élaboration et de diffusion de nouvelles connaissances et moyens d'action.

L'IA objectivée selon la « réalité » sociale ainsi résumée n'est pas un point de vue extérieur à ladite réalité, « le fameux point-de-vue-de-nulle-part<sup>169</sup> » à laquelle j'échapperais par miracle et que suggère le substantif de « biais » employé par les critiques de l'IA<sup>170</sup> insinuant de facto la possibilité d'« un accès direct sans médiation à la “réalité” »<sup>171</sup>. Il existe toujours des connaissances sous-jacentes à l'idée que l'on se fait de quelque chose et que je désire mettre en valeur tout au long de cette thèse à propos des chercheurs. Dans ce chapitre en particulier, je parlerai des miennes. Aussi, je traiterai successivement des trois langages que tout sociologue ou apprenti sociologue doit maîtriser<sup>172</sup> ainsi que de l'espace montréalais de mon travail de recherche où j'ai rencontré les informaticiens, puis de ma propre localisation sociale et enfin des

---

<sup>169</sup> Je me réfère à la réflexion de Livet et Nef sur le réalisme. Livet et Nef, *Op. cit.*, p. 60, 61.

<sup>170</sup> Ce terme de « biais » est omniprésent dans les réunions sur un développement responsable de l'IA et auxquelles j'ai assisté.

<sup>171</sup> Sabourin, *les médiations ...*, *op. cit.*

<sup>172</sup> *Ibid.*

cadres sociaux engagés lors des entretiens. Je discuterai de plusieurs temps (temporalités) et espaces élaborés par les rapports des chercheurs entre eux situés en divers lieux et moments de leurs existences ainsi que des rapports avec le sociologue-enquêteur. Ces temporalités et espaces « sont conceptualisés en tant que propriétés de l'objet, et deviennent ainsi des référents internes à cet objet<sup>173</sup> » plutôt que détachés de celui-ci ou ayant des liens non explicités et que sous-entend le terme « contexte<sup>174</sup> ». Cette « régionalisation<sup>175</sup> » du savoir fait de ce travail une étude de cas.

Le cas est cet intermédiaire ainsi qualifié par le sociologue Jacques Hamel<sup>176</sup> par lequel je parviens à l'objet social « modèle ML » et l'objet sociologique « le modèle concret de connaissance ». Aussi, les neuf chercheurs et les divers matériaux employés constituant le cas deviennent les médiateurs d'une observation et d'une analyse à l'origine desquelles naît une conceptualisation sociologique précise à propos d'un dispositif technique sophistiqué en cours de déploiement depuis plusieurs années par divers acteurs. Cet intermédiaire, le cas ou bien la mise en rapport de plusieurs points de vue d'où émerge des catégories communes, est un observatoire de mes objets d'étude et au sujet duquel se pose la question de la représentativité à partir de son contenu et de sa construction.

## **Les langages théoriques, opératoires et empiriques**

Le langage théorique de la sociologie, sa contrepartie opératoire pour l'explication ainsi que le langage empirique organisent mes raisonnements dès la première année de thèse. Si la frontière entre langage empirique et sociologique était claire, elle devenait plus floue entre ce dernier et son opérationnalisation au regard des réflexions existantes en philosophie et en sociologie sur la cybernétique, l'IA, le Big data, les technologies de l'information et les technologies en général. Voici résumée dans un tableau une pluralité des points de vue à partir desquels je pouvais possiblement construire le mien sur l'IA contemporaine<sup>177</sup> :

---

<sup>173</sup> Sabourin, *La régionalisation*, *Op. cit.*, p. 6.

<sup>174</sup> Sabourin, *La régionalisation ...*, *op. cit.*, p. 6.

<sup>175</sup> Ibid. Un terme que Paul Sabourin emprunte du sociologue Anthony Giddens.

<sup>176</sup> Jacques Hamel, *Étude de cas et sciences sociales* (Montréal-Paris: L'Harmattan, 1997).

<sup>177</sup> Se référer à la bibliographie pour les auteurs cités dans ce tableau

	Nom	Contenu	Auteurs
1	Entretiens avec les chercheurs	Terrain sur le travail de recherche en IA	D. Fayon sur la base de 9 chercheurs.
2	Les conférences et présentations à Montréal sur l'IA et sujets connexes (22 auxquelles j'ai assisté de 2015 à 2018)	Définition de l'IA, conception et programmation, enjeux sociaux, économiques, politiques, juridiques.	Professeurs et chercheurs de divers horizons, chercheurs et étudiants en informatique, journalistes
3	Socialisation de l'auteur de cette thèse	Localisation sociale	D. Fayon
4	Articles de journaux grands publics	IA, Big Data, IoT	Journalistes
5	Publications des groupes de réflexions	Big Data, IoT, IA	Think Tanks (ex. Institut Montaigne- France), hauts fonctionnaires et experts des États (ex. National Science and technology Council - USA, Ministère du travail - France), Universités en partenariat avec des entreprises privées (ex. rapport AI Now 2016 Primers).
6	Aspects pointus de la recherche actuelle	Articles techniques sur l'IA, les IoT,	Informaticiens, ingénieurs (ex. membres de l'IEEE <sup>178</sup> )

<sup>178</sup> IEEE, « Institute of Electrical and electronics Engineers (IEEE) », 2020, <https://www.ieee.org/>. Se prononce parfois "I Triple E". L'organisation affirme être la plus grosse association d'ingénieurs au monde.

		programmation par agents, cours en ligne	
7	Livres écrits par des informaticiens, ingénieurs, cognitiviste sur l'IA	Histoire de l'IA, disciplines engagées, types de recherches	Nilson, Ekbia, Andler,
8	Chercheurs de tous horizons	Cybernétique, système, théorie de l'information, émergence, « théorie de la complexité », singularité	Bertalanffy (biologiste), Wiener (mathématicien), Shannon (ingénieur), Schrödinger (physicien), Simon H (économiste), Ganascia (ingénieur), Luhman (sociologue)
9	Articles des « Computational Social Sciences » (CSS) <sup>179</sup>	Système multiagents, Big Data	Cognitivistes, mathématiciens, informaticiens, autres professions. Ex. Adamatti (mathématicienne), Conte (cognitiviste), Epstein (sc. politiques), Babinet (entrepreneur), Drogoul (informaticien)
10	Sociologie (modélisation)	Agents	Livet, Manzo, Squazzonni
11	Sociologie, philosophie	Big Data, IoT, IA	Cardon, Sadin, Roberge, Boullier, Vayre

<sup>179</sup> Elle se définit comme suit : "Computational Social Science (CSS) is the science that investigates social and behavioral dynamics through social simulation, social network analysis, and social media analysis." < CASOS, « Welcome to Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems (CASOS) », CASOS, 2015, <http://www.casos.cs.cmu.edu/index.php>.

12	Sociologie, philosophie	Cybernétique, société de l'information, IA	Proust J., Dreyfus H., Lafontaine C., Triclot, Schwartz, Solé A,
13	Sociologie, communications	Technosciences, TIC, technocratie, convergence des technologies	Bensaude-Vincent, Breton Ph., Dupuy JP., Besnier J-M, Levy P.
14	Sociologie, philosophie	Réflexions sur les techniques et la technologie	Guillerme et Sebestik, Seris, Habermas, Simondon, Gras, Mauss,
15	Sciences, sciences appliquées, mathématiques, statistiques	Dimension sociale du travail d'ingénierie, des statistiques, l'objectivité en sciences, histoire des sciences	Le Play (Savoie), Verin Desrosières, Chomsky (débat avec Norvig); Daston & Galison
16	Sociologie	Fait social, morphologie sociale, mémoire sociale, dimension sociale de la technique, idéologie, pouvoir	Durkheim, Mauss, Halbwachs, Sabourin, Houles, De Munck
17	Épistémologie et méthodologie	Sciences pures, langage, interprétation, explication, raisonnements (ex. analogie), processus,	Ramognino, Molino, Berthelot, Granger, Bouveresse, Sabourin, Verges, Livet et Nef

« ... la cybernétique recouvre, à travers ses multiples ramifications théoriques et techniques, un véritable continent intellectuel<sup>180</sup> » dont ce tableau donne un aperçu sans que tous les auteurs cités en exemple s’y rattachent (blocs 13 à 17 en particulier). Ainsi, une telle typologie omet les réflexions sur l’intermédiation de l’instrument scientifique dans la constitution de la connaissance des chercheurs tel que Sébastien Richard a pu le constater dans la recherche en nanosciences<sup>181</sup>. Or, l’IA est aussi un instrument de mesure<sup>182</sup>. De l’anthropologie des techniques, je me contente du terme « artefact ». De la philosophie des techniques, j’écarte toute réflexion générale sur la multiplication des machines et la place de l’homme, sur le vivant et l’opposition classique entre le naturel et l’artificiel. Plutôt que l’exhaustivité, je veux porter à l’attention du lecteur que l’objet social « modèle ML » s’élabore par la réduction à un nombre restreint de perspectives sur l’IA au regard de la littérature que j’ai en tête au départ et sélectionnée pour sa valeur descriptive et explicative de la dimension sociale à théoriser. De là, on notera un usage soutenu des renvois à partir desquels le lecteur pourra relativiser mon analyse de l’IA et dont ce tableau est un premier aperçu.

Le bloc 6 du tableau ci-dessus recèle trois difficultés. Du langage empirique, je dois comprendre jusqu’à un certain niveau la technologie dont je discute et transmettre cette compréhension en insistant sur une description suffisamment précise. Ainsi, « ... dans cette tentative de compréhension, on commence par décrire le phénomène technique [chap. 3], c’est-à-dire la technique telle qu’elle se donne à voir<sup>183</sup>. », épousant la perspective de Jean-Pierre Sérís critique de ses collègues qui font l’impasse sur cette étape. Progressivement se dessinent ma compréhension de l’objet technique, sa description tant pour moi que pour un public sans culture technique et scientifique, puis une interprétation qui en fait un « phénomène technique<sup>184</sup> » à

---

<sup>180</sup> Lafontaine, *op. cit.*, p. 21.

<sup>181</sup> Sébastien Richard, « Le Nanomonde des chercheurs. Analyse sociologique des pratiques et des discours sur l’instrumentation en nanotechnologies » (Montréal, QC, Université de Montréal, 2012). Thèse de sociologie dirigée par Céline Lafontaine.

<sup>182</sup> Citons en exemple la mesure redéfinie à travers ce qu’est un instrument dit « intelligent » chez l’ingénieur italien F. Amigoni et ses collègues. La mesure n’est plus alors un simple chiffre, mais une analyse où interviennent les notions de collaboration et de partage entre agents informatiques et renommée « perception ». F. Amigoni et al., « Artificial Intelligence in Science of Measurements: From Measurement Instruments to Perceptive Agencies », *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 52, n° 3 (juin 2003): 716-23.

<sup>183</sup> Jean-Pierre Sérís, *La technique* (Paris: PUF, 1994), p. 46.

<sup>184</sup> *Ibid.* p. 46.



partir duquel je produis une explication dans sa seule dimension sociale. Cette explication, peut-on me reprocher et là survient la deuxième difficulté, comporte une réflexion sur un phénomène technique en cours de déroulement et dont on ignore l'issue. Pour Sérís, on ne peut élaborer sur la technique « sans se livrer à la prospective<sup>185</sup> », mais non sans avoir auparavant donné « un minimum de garantie quant à la régularité du phénomène considéré<sup>186</sup> », raison pour laquelle les objets connectés sont introduits à la toute fin (chap. 7). En troisième lieu, mon enthousiasme vis-à-vis de la technologie et porté par une longue histoire de la littérature et du cinéma de science-fiction ainsi que d'une consommation avertie de produits technologiques ne devait « ... reproduire les tranquilles certitudes du spécialiste [id. de mon expérience de consommateur], souvent dominé par une conception exclusivement instrumentale<sup>187</sup> » de sa technique, tout en ne donnant pas trop « de crédits aux assurances aussi bien qu'aux craintes, également motivé, de l'usager réel ou potentiel<sup>188</sup>. », soit une dérive vers un optimisme ou un pessimisme extrême vis-à-vis du développement technologique.

La perspective théorique exposée dans le chapitre précédent (blocs 16 et 17) et son pendant opératoire par les concepts de « mémoire sociale technicisée », de « morphologie sociotechnique » et de « dispositif cognitif collectif » sont autant de savoirs seconds sur un savoir premier, empirique, celui des chercheurs (blocs 1, 5, 6, 9). Certaines interprétations (blocs 7, 8 et 9 en partie) du point de vue de la biologie, des mathématiques, de l'informatique ou de la physique rendent compte de l'histoire des disciplines (ex. Nils Nilson), donne lieu à une critique politique des sociétés occidentales (ex. Norbert Wiener<sup>189</sup>), à des réflexions d'ordre à la fois

---

<sup>185</sup> Ibid. p. 46.

<sup>186</sup> Ibid. p. 46.

<sup>187</sup> Ibid. p. 46.

<sup>188</sup> Ibid. p. 46.

<sup>189</sup> Guy Lacroix, « Cybernétique et société. Norbert Wiener ou les déboires d'une pensée subversive », *Revue Terminal* 61 (1993): 1-6. . Selon Lacroix, Wiener en avance sur son époque aborde un sujet crucial aujourd'hui : « Sa critique de la société américaine, et de la société occidentale en général, repose sur une prise de conscience que l'on pourrait qualifier "d'écologique", et par l'affirmation de la responsabilité du savant (6). Il juge que le marché ne peut résoudre tous les problèmes et qu'un certain nombre de régulations sont indispensables pour socialiser les retombées des sciences et des techniques. Cette démarche qui consiste à s'adresser au public pour discuter sous un angle critique des conséquences sociales des techniques et des sciences est assez rare à l'époque chez un scientifique. Wiener prend la démocratie au sérieux, et sa critique de la société s'exerce au nom d'un idéal démocratique. »

politique, religieux et psychologique (ex. Erwin Schrödinger<sup>190</sup>) ou à des critiques sur les soi-disant périls de l'intelligence artificielle (ex. Jean Gabriel Ganascia<sup>191</sup>). De cette littérature j'ai retenu l'histoire des idées dans mon introduction (bloc 7). Mon observatoire social se compose des entretiens et des articles techniques (blocs 1 et 6). J'ai exclu les écrits des autorités publiques (bloc 5), matériaux premiers certes, mais dont les aspects sociaux soulevés me menaient sur le terrain de la réflexion politique<sup>192</sup>. Les blocs 9, 10 et 6 m'aideront au chapitre 7 à présenter les divers usages de la sociologie en IA pour justifier celui sur lequel je me concentre. Bref, ces points de vue au carrefour desquels je me situe interviennent à titre descriptif, interprétatif, illustratif, explicatif ou bien encore servent à ouvrir la discussion à d'autres horizons.

Retenir ou exclure une lecture, un chercheur, une conférence se fera au grès des allers-retours avec le terrain et des périodes d'écritures, un long cheminement guidé par une configuration sociale particulière à cette enquête.

## L'espace montréalais de ce travail de recherche

La morphologie renvoie non pas à la biologie, mais aux configurations des relations sociales et constitutives des groupes d'individus fréquentés. Examinons la spatialité et l'historicité du groupe de chercheurs, deux propriétés de la dimension sociale développées par M. Halbwachs à propos de la morphologie religieuse: « "le corps matériel", la grandeur ou le volume, la figure spatiale, la densité des groupes [...] » (Halbwachs, 1935 : 3).

---

<sup>190</sup> Erwin Schrödinger, *What is life ? The physical Aspect of the Living cell* (Cambridge: Cambridge University Press, 1944). Schrödinger développe le concept d'entropie négative (dénommé plus tard « néganthropie ») à partir du concept d'entropie emprunté à la thermodynamique et à partir de l'hypothèse que le vivant se plie aux lois physiques. Dans son épilogue (p. 92) « On determinism and Free Will », il s'interrogera sur le bien-fondé de la réduction d'un organisme à des phénomènes physico-chimiques, c'est-à-dire sur le déterminisme supposé de sa perspective.

<sup>191</sup> Jean-Gabriel Ganascia, *Le mythe de la singularité. Faut-il craindre l'intelligence artificielle ?* (Paris: Seuil, 2017). Ganascia critiquera notamment cette idée d'intelligence artificielle dite « forte » introduite par le philosophe John Searle.

<sup>192</sup> Cédric Villani, « Donner un sens à l'Intelligence artificielle. Pour une stratégie nationale européenne », Mission parlementaire (Paris, 2018), <https://www.vie-publique.fr/rapport/37225-donner-un-sens-lintelligence-artificielle-pour-une-strategie-nation>. Membre d'un groupe de réflexion composé de cinq autres étudiants sous la direction de Jean-François Gagné et suite à l'initiative de la faculté des arts et sciences (FAS) de l'Université de Montréal, j'ai contribué à la production d'un rapport de recommandations destiné aux représentants politiques (« Policy brief ») sur « les risques et les opportunités offerts par l'intelligence artificielle (IA) en matière de productivité en sein de l'entreprise. ». Julia Salles; Loubna Mekki Berrada; François Lachance; William Perrault; Jean-Christophe Vassereau; Didier Fayon 2018

Montréal possède cette « densité de population » de chercheurs dont les deux « divisions territoriales » connues<sup>193</sup> pour reprendre les expressions d'Halbwachs sont le laboratoire MILA (Montreal Institute of Learning Algorithms) à l'Université de Montréal et le Reasoning and Learning Lab de l'Université McGill. La dynamique, ces « changements de forme » et « mouvements dans l'espace » (Halbwachs, 1935 : 3), correspond à la concentration à Montréal des activités économiques, des engagements financiers du gouvernement provincial et fédéral ainsi qu'à l'organisation de conférences telles que celles sur la portée éthique de l'IA<sup>194</sup>. Sont également présentes les grandes entreprises américaines et coréennes du secteur, soit Google<sup>195</sup>, Facebook, Microsoft et Samsung. Des entreprises qui désirent utiliser l'IA dans le cours de leurs affaires financent les recherches de certains des chercheurs interrogés ou de leurs étudiants. En outre, en deux ans et demi, j'ai pu assister à vingt-deux conférences et présentations reliées à l'IA ou aux disciplines sur lesquelles elle repose (ex. traitement automatisé du langage, sciences cognitives).

L'espace conditionne aussi la façon dont certains chercheurs conçoivent l'IA. Cette dernière est liée à une discipline dénommée « recherche opérationnelle<sup>196</sup> » au département d'informatique et de recherche opérationnelle (DIRO) de l'Université de Montréal. Cette association<sup>197</sup> surprend l'une des chercheuses qui a développé une conception différente de l'IA dans la ville où elle a étudié et à partir des professeurs qui l'ont formée :

---

<sup>193</sup> La majorité des chercheurs ne travaillent pas dans ces laboratoires. Toutefois, la presse en parle souvent à travers ces deux figures, Yoshua Bengio et Joëlle Pinault respectivement.

<sup>194</sup> Voir le « Rapport de la déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle 2018 ». *Op. cit.*

<sup>195</sup> Google s'est installé à Montréal bien avant le tapage médiatique fait autour de l'IA.

<sup>196</sup> Université de Montréal, « Département d'informatique et de recherche opérationnelle », 2020, <https://diro.umontreal.ca/accueil/>. Selon ce département, la recherche opérationnelle se définit comme suit. « La recherche opérationnelle (RO) est au confluent de l'informatique, des mathématiques appliquées, de la gestion et du génie industriel. L'objet de cette discipline est de fournir des bases rationnelles à la prise de décisions, habituellement dans un but de contrôle ou d'optimisation (améliorer l'efficacité, diminuer les coûts, etc.). On utilisera par exemple des techniques de RO pour : gérer les soins de santé dans les hôpitaux, organiser les services policiers ou ambulanciers, planifier l'utilisation et gérer la production d'énergie, planifier des systèmes de livraison ou de transport en commun, gérer la production, les stocks et la distribution de produits usinés, concevoir des systèmes de communication et des systèmes informatiques, établir des horaires de travail, de cours ou des calendriers sportifs, choisir des politiques économiques et financières. »

<sup>197</sup> Les deux sont proches si l'on suit Herbert Simon dont la réflexion sur les sciences de « l'artificiel » date de la fin des années 1960. La recherche opérationnelle (Operations Research) et l'IA sont deux moyens proches d'instaurer des procédures rationnelles de l'action. Simon, *The sciences of ...*, *Op. cit.*, p. 27.

« Oui, le DIRO. Pour ma part, la recherche opérationnelle, je n'en ai jamais entendu parler avant de venir ici. [...] Ils m'ont invité dans leur conférence de recherche opérationnelle, puis là moi, il faut que je regarde comment je "fit" dans la communauté, car ce n'est pas la même dynamique. La recherche opérationnelle selon ce que j'ai compris est motivée par la prise de décisions dans les entreprises, ces trucs-là qui sont souvent modélisés comme des problèmes d'optimisation » (Alena F., informaticienne).

L'histoire montréalaise récente de l'IA laisse sa trace par la référence au laboratoire MILA de la part de tous les chercheurs interrogés même en l'absence de liens professionnels avec ce dernier. Le MILA doit sa notoriété entre autres choses à la réputée « International Conference on Representation Learning » (ICLR)<sup>198</sup>, fondée en 1999 par le non moins célèbre chercheur Yoshua Bengio, directeur scientifique.

Ainsi, l'IA ne se réduit pas à des idées. Elle se vit dans de multiples expériences sans pour autant être un phénomène nouveau ou exceptionnel<sup>199</sup>. L'IA a un caractère urbain, du moins au Québec et je me demande ce que serait devenue ma connaissance de l'IA en vivant ailleurs à l'instar d'Alena F. ? Aurais-je même fait une thèse sur l'IA ? Ma mémoire de l'IA durant mes années de thèse sera la rencontre d'une multitude de personnes en des lieux précis quand bien même j'oublierais toutes les connaissances savantes sur cet objet. Le cadre social général serait « mes années de thèse à Montréal et l'effervescence autour de l'IA ». De ce cadre, je puis me remémorer les conférences et les rencontres avec les chercheurs. En reprenant le raisonnement d'Halbwachs à mon compte, Montréal est l'espace de la thèse, médiateur des relations entre les chercheurs et moi-même, cadrées par l'Université, l'entreprise ou encore les médias par exemple. Ces cadres communs constituent la mémoire collective des chercheurs au sein desquels je passe d'un point de vue à l'autre tout au long de cette thèse.

---

<sup>198</sup> Joëlle Pineau, « Joëlle Pineau's Home », 2018, <https://www.cs.mcgill.ca/~jpineau/>. MILA, « Montreal Institute for Learning Algorithms (MILA) », 2020, <https://mila.umontreal.ca/>. Selon Joëlle Pinault, codirectrice du laboratoire Reasoning and Learning Lab, l'ICLR fait partie des « Top venues ».

<sup>199</sup> Avant l'IA, pas une semaine ne passait sans que la presse grand public ne parle des cellules souches. À la fin des années 1990, le tapage médiatique portait sur la thérapie génique, puis au début des années 2000, sur la génomique et au milieu des années 2000 sur les nanotechnologies.

## La localisation sociale de l'étudiant sociologue

Les sociologues sont mon troisième groupe professionnel après avoir côtoyé le monde des informaticiens, puis celui de la finance prise au sens large peuplé par les comptables, les gestionnaires et les entrepreneurs. Ajoutons une diplomation en comptabilité financière en France, en comptabilité de gestion au Québec, en mathématiques et physique au début de mes études et enfin une formation dans divers langages informatiques en France et au Québec (Ex. C, Cobol<sup>200</sup>, SQL, Lisp). La remémoration de savoirs universitaires et d'expériences professionnelles tout au long de cette enquête me situe socialement vis-à-vis de ce champ d'études qu'est l'IA.

Tout d'abord, ma connaissance livresque d'une programmation axée sur des cas d'école et spécialisée<sup>201</sup> attira mon attention sur cette tentative de mettre en code, de programmer au sens informatique du terme la connaissance ordinaire. En outre, les données si difficiles à acquérir au temps de mes études devenaient soudainement abondantes.

Ensuite, tour à tour, j'ai été testeur de logiciels en phase Beta<sup>202</sup> spécialisés en logistique et pour l'industrie de l'alimentation, responsable du support d'applications et analyste fonctionnel<sup>203</sup>. Ces expériences m'ont conduit à côtoyer les informaticiens. Population familière, je ne pouvais voir en eux des gens « inconscients », habités par des « logiques collectives » que j'aurais la charge de « dévoiler ». Aussi, en aucun cas, la pensée des chercheurs ne se réduit au contenu de l'entretien, ces derniers ayant été appelés à discuter dans un temps limité de leur travail. Marie-Jean Meurs soulignait lors d'une table ronde<sup>204</sup> qu'elle s'exprimait en tant qu'informaticienne et chercheure au département d'informatique de l'UQAM<sup>205</sup> et non pas

---

<sup>200</sup> Il peut paraître étrange d'apprendre encore le Cobol. À la fin des années 1990, McGill incluait dans son certificat en Management Information System (MIS) ce vieux langage de la fin des années 1950 à la suite d'un marché de l'emploi qui exigerait, supposait-on à l'époque, la révision des vieux systèmes informatiques susceptibles de tomber en panne suite à un problème de date, le fameux « bogu de l'an 2000 ».

<sup>201</sup> Je n'ai aucune expérience professionnelle en programmation.

<sup>202</sup> Lors du cycle de développement d'un logiciel, la phase Beta est celle d'un programme doté de toutes les fonctions prévues, mais qui reste à mettre à l'épreuve dans une suite de tests intensifs en « laboratoire », puis in vivo, souvent dans le cadre de projets dits « pilotes ».

<sup>203</sup> Mon travail d'analyste fonctionnel en conjonction avec le département d'informatique consistait en examiner les forces et limites des logiciels utilisés dans l'organisation, de documenter les méthodes de travail en place et de constituer un cahier des charges de la future version souhaitable, puis possible selon le temps et les moyens financiers disponibles et en fin de compte la version mise en production.

<sup>204</sup> Jonathan Roberge, « IA, Québec et Frères inc. Gouvernance, privatisation et science ouverte » (Montréal, 10 avril 2019).

<sup>205</sup> UQAM, « Université de Québec à Montréal (UQAM) », 2020, <https://uqam.ca/>.

comme citoyenne. Mon enquête invitait l'interlocuteur à porter le premier chapeau même si quelques-uns ont donné leur opinion sur les enjeux de l'IA. Madame Meurs voulait dire que chacun devait s'exprimer dans la limite de ses compétences sans pour autant lui refuser une position engagée et une réflexivité qui n'a pas toujours été pleinement exprimée lors de mes entretiens. Ainsi, le discours que les verbatims rapportent n'est pas un fait, seulement une forme discursive de leur expérience, une trace de celle-ci qui ne peut englober la totalité de ce que l'informaticien pense.

En outre, l'intelligence artificielle se réduit pour moi à des lignes de codes, un produit du point de vue économique, un service de plus de notre vie quotidienne et présente dans la vaste famille des logiciels qui depuis longtemps font partie de la quasi-totalité des métiers du secteur tertiaire. Je ne voyais aucune raison pour laquelle du jour au lendemain, les utilisateurs deviendraient des marionnettes mues par les injonctions de programmes informatiques sous la houlette de milliardaires et d'ingénieurs cupides, ambitieux et malintentionnés.

Enfin, cette familiarité avec la population professionnelle étudiée ainsi que ma culture générale en mathématiques et en informatique eurent des répercussions sur le terrain. Je me suis posé une question simple de prime abord à la fin du quatrième entretien: comment les chercheurs me perçoivent-ils lorsque je me présente à leur bureau? En effet, quoique la maquette d'entretien soit la même pour tout le monde, les propos variaient grandement par leur degré de technicité, de vulgarisation et de connaissances « savantes » exposées. Je notais que j'omettais parfois de parler de mes formations universitaires antérieures. Ceci ne nuisait pas à l'intérêt de la rencontre, mais me renvoyait à un problème de méthode : en quoi la présentation de soi oriente-t-elle le contenu de l'entretien et par le fait même, la production de connaissance sociologique sur ce domaine? Le choix volontaire de chercheurs aux profils bien distincts ne devrait-il pas jouer un rôle que j'espérais prépondérant dans la co-construction du discours d'entretien? La perception de ma personne et la présentation de soi sont des constituantes de la relation d'entrevue qui se rapportent à la question plus générale du lien entre le chercheur et moi-même au moment de l'entretien non seulement au regard des connaissances déployées, mais aussi par le fait que j'effectue ma thèse dans une ville active dans le domaine étudié. Or, le comité d'éthique à la recherche (CER) présume dès le départ la nature de ce lien entre enquêteurs

et personnes étudiées. En effet, au Québec, tout projet universitaire en sciences sociales impliquant des êtres humains se voit soumis à une approbation qui normalise les rapports d'une façon binaire enquêteur-enquêté. Dans mon cas, l'enquêteur se définit comme le spécialiste d'un champ de savoir et la personne interviewée comme ayant une connaissance d'un domaine d'expérience, soit la sociologie et l'IA respectivement. Ces frontières postulées dans le dispositif éthique sont brouillées comme j'ai pu rapidement le constater. La sociologue Nicole Ramognino rappelle que le chercheur « [...] participe de la situation sur le terrain, ce qui l'entraîne à vivre des expériences dans lesquelles il est partie prenante. » (Ramognino 2016 : p9). L'expérience de terrain s'avère non seulement sociale, mais plus largement une expérience humaine intégrale ou totale que nous relaterons par les cadres sociaux de l'entretien.

## **Les cadres sociaux de l'entretien**

L'entretien devient un moment dans un espace précis où s'élaborent entre l'étudiant-sociologue et le professeur-chercheur des relations objectivées par le langage de statuts sociaux distincts. Ces relations réfèrent également aux expériences constitutives de leurs connaissances techniques et de sens commun et exprimées à l'aide du lexique propre à leurs disciplines de rattachement. L'université McGill, l'Université du Québec à Montréal et l'Université de Montréal sont les principaux espaces de références dans mes recherches.

### **Les médias et le grand public**

Les chercheurs me parlent de leurs expériences des médias et du grand public lors des entretiens. Ils en gardent aussi la mémoire quand j'entre en contact avec eux pour la première fois. En juin 2017, une conversation téléphonique avec l'un d'entre eux m'éclaire sur la forte sollicitation de la part des journalistes dont certains de ses collègues et lui-même sont l'objet. On note l'importance de l'espace montréalais dans lequel s'inscrit ma quête de rendez-vous: aurais-je obtenu plus facilement des entretiens si j'avais résidé dans une ville où les chercheurs en IA étaient moins populaires ? L'accent mis par la presse sur les chercheurs locaux passe sous silence l'existence de professeurs éminents tels que Andrew Ng, Stuart Russell, Peter Norvig, Mike Jordan ou Nick Jennings tout en se limitant à des articles sur l'approche neuronale, une conception parmi d'autres de l'IA. En outre, le regard de ce professeur se portait sur un horizon de vingt ans et

déplorait la nature spéculative des débats actuels. De fait, dans plusieurs conférences auxquelles j'ai assisté, le vieux problème du savant et du politique abordé par Max Weber<sup>206</sup> restait d'actualité. Le public dans la salle ainsi que les animateurs de la conférence exigeaient du chercheur de se positionner au nom de ses valeurs et sans égard à son aisance, sa compétence ou son intérêt pour des questions sur le travail et l'IA ou la transparence des algorithmes<sup>207</sup>. Ainsi, pour faciliter l'obtention d'un rendez-vous j'ai cru bon de mentionner dans mon courriel par la suite « Je tiens à préciser qu'il ne s'agit PAS d'une démarche journalistique de prospective sur l'IA<sup>208</sup> ». Je ne peux pas dire pour autant si le taux de réponses positives en fût ou non amélioré.

### **L'institution universitaire**

La relation étudiant-professeur est la plus prégnante. Le bureau est l'espace dans lequel l'écriture d'une thèse sur l'IA prend son sens aux yeux de mon interlocuteur. On y retrouve le temps court de l'entretien (1 h 30 à 2 h), mais aussi le temps long de l'étudiant avec son directeur de thèse. Après s'être enquis de la nature de ma recherche, l'un d'entre eux animé par le souci de diversifier mes sources, me conseille d'échanger avec des étudiants-chercheurs plus jeunes et susceptibles d'avoir un regard sur l'IA différent de celui de leurs professeurs. Le bureau conditionne une conduite calquée sur les rapports normés entre étudiants et professeurs, les deux groupes de référence. L'institution universitaire devient ainsi le cadre à partir duquel je tente d'éviter un cours magistral d'introduction à l'intelligence artificielle adressé à un néophyte, mémoires de l'expérience d'un professeur qui enseigne et d'un étudiant qui écoute et prend des notes.

### **Les mathématiques**

Le quatrième entretien se démarque par le niveau de détail en mathématiques présent dans les propos. Si les mathématiques comme point de vue sur l'IA m'a éclairé sur les « communautés » de recherche selon le mot employé par la personne interrogée, elles ont aussi construit un rapport dans lequel je devenais un étudiant co-chercheur dans une séance de remue-méninge.

---

<sup>206</sup> Max Weber, *Le savant et le politique*, Union Générale d'Éditions, Le monde en 10-18 (Paris, 1919 (1963)), [http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques\\_des\\_sciences\\_sociales/index.html](http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/index.html).

<sup>207</sup> UQAM et INSA, « Transparence et responsabilité des algorithmes » (Conférence et discussion, Montréal, 14 octobre 2017).

<sup>208</sup> Voir le courriel type envoyé : annexe 2.



Ce fut d'ailleurs l'entretien durant lequel je suis intervenu le plus souvent. Ainsi, je ne m'étonnais point quand la chercheuse lança:

Tandis que moi, j'adore faire du "brainstorming" autour d'un tableau avec d'autres personnes, du choc des idées. Un, j'aime ça. Je suis sociable d'un point de vue chercheur. Puis, je pense que d'un point de vue scientifique, cela fait avancer les choses d'une manière complètement différente. Le choc des idées, c'est pour ça que l'on fait des échanges (Alena F., informaticienne).

Ce commentaire témoigne d'une forme sociale des échanges scientifiques dont la relation d'entrevue devient un moyen d'observation participante. En effet, c'est bel et bien autour d'un tableau blanc que l'entretien a eu lieu et que la mémoire du chercheur à propos des discussions passées avec les collègues et les étudiants était remise en jeu dans notre échange: les choses auraient-elles été différentes si je n'avais pas dit que j'étais diplômé en mathématiques<sup>209</sup> ? La chercheuse a toujours accordé une grande importance à cette matière telle que celle-ci me le confirme au début de l'entretien. Notre sociabilité repose sur le plaisir à utiliser ce langage dans la limite de ma compréhension des mathématiques spécialisées auxquelles elle faisait appel. Aussi, l'IA m'expliqua-t-elle longuement, consiste en une construction mathématique dont la rigueur s'exprime dans le caractère démontrable du modèle statistique, aspect qui fait défaut à l'approche neuronale, déplore-t-elle. Le chapitre 6 revient en détail sur cette question.

## **Les sciences humaines**

Deux chercheurs ont abordé la rencontre avec leurs mémoires respectives de ce que sont les sciences humaines. Chacun possédait son expérience de l'enquête, une démarche qui pour eux vise à obtenir de l'information d'un interlocuteur. Le premier me dit abruptement :

... ce que tu fais avec moi, tu es en train de faire de l'explicitation. Tu es en train de décompiler ce que j'ai dans ma tête avec des questions, avec des trucs, mais tu es en train de les décompiler. Tu es en train d'extraire ma connaissance. C'est ce que moi j'ai fait avec des [chercheurs dans diverses disciplines]. (Robert P, ingénieur informaticien).

Le chercheur passe par deux groupes pour s'approprier notre relation. Le premier est celui des professionnels que lui-même interrogeait pour les projets sur lesquels il travaillait par le

---

<sup>209</sup> Je n'ai pas la formation nécessaire en mathématiques pour comprendre les problèmes posés par l'IA. Je ne puis que saisir les grandes lignes et que je reformule dans mes termes pour mes questions de recherche.

passé. Il était dans ma position. Le second groupe est celui des informaticiens. Au début de sa carrière, il s'était spécialisé en ingénierie de la connaissance. Ce chercheur conçoit la relation suivant des catégories et des raisonnements basés sur des distinctions informatiques (ex. décompiler, extraire, explicitation) pour se représenter le savoir de ses pairs qu'il transpose au chercheur en sociologie qu'il a devant lui. En outre, ce chercheur m'a signifié la valeur qu'il reconnaît à ma démarche en me disant qu' « En réalité, j'étais toujours plus proche des sciences humaines. J'avais envie d'être écrivain, j'avais envie de faire de la poésie, beaucoup de choses ».

L'autre chercheuse ne dissocie pas non plus les sciences humaines de la technique de sorte que sa compréhension de la situation d'entretien passe par les ingénieurs auxquels elle se rattache par formation. Elle saisit notre rapport en terme « sociotechnique » :

« Oui, car mon premier poste était en design. [...] c'était en design, en conception et en développement de produit. Aussi, toute la partie développement de produit comprenait une partie "comment faire une entrevue ?", "comment trouver de l'information sur le produit ?" etc. donc il a fallu que j'aie une formation en sociotechnique : comment gérer l'information d'une entrevue, comment traiter les données d'une entrevue de façon automatique, etc. » (Silvia G., ingénieure).

Enfin, un chercheur et une des cadres d'un centre administratif en lien avec l'IA, tous deux familiers avec la sociologie, accueillirent volontiers ma demande d'entretien lors de nos rencontres sur les lieux de leurs conférences respectives. L'un me dit avoir découvert la sociologie avec Simmel et la notion de réseau. L'autre me demanda d'emblée si j'utilisais Bruno Latour dans ma thèse, ayant dans la sienne recouru à un sociologue américain connu<sup>210</sup> : « Exactement, il [Latour] est allé voir la tribu des scientifiques. Donc, quand tu m'as expliqué le projet, je me suis dit "tu fais un Bruno Latour de toi". Tu vas étudier les chercheurs en tant que sociologue. » (Laurence F., ingénieure en informatique).

Nous partagions ainsi un même groupe de référence, les sociologues de nos lectures respectives et à travers lesquels les deux chercheurs interrogés ont parlé spontanément d'enjeux sociétaux bien que ceux-ci ne faisaient pas parties de la maquette d'entretien<sup>211</sup>.

---

<sup>210</sup> Le nom du sociologue pourrait permettre d'identifier la thèse et son auteur.

<sup>211</sup> Voir la maquette : annexe 1

## Les autres cadres

L'informatique et la littérature de science-fiction constituent deux autres cadres à partir desquels des souvenirs précis sont évoqués. Bien qu'ayant connu des lieux, des langages de programmation et des façons de travailler différents (ex. la plateforme d'échange GitHub<sup>212</sup> n'existait pas), je partageais l'enthousiasme d'un étudiant chercheur pour la formalisation des problèmes qu'offre sa discipline :

Si j'entends qu'il y a un petit problème au niveau programmation quelque part, soudainement mon oreille devient attentive. [...] J'aime beaucoup coder. J'aime beaucoup coder, j'aime beaucoup la programmation sinon, je ne serais pas en IA, parce que ça demande beaucoup de temps et de programmation. Il y a beaucoup de temps à programmer, à "comment je vais effectuer ça ?" essayer de trouver une bonne façon de programmer ou programmer une certaine logique ou un truc. » (Diego Z. doctorant en informatique).

Mon engagement avec l'autre repose aussi sur le roman de science-fiction, un référent commun en tant qu'amateur de ce genre littéraire. L'un se demande si la science-fiction serait éventuellement constitutive de son savoir et de ses pratiques de recherche, une position réflexive de la part du chercheur que la formulation de mes questions ne suggérerait en aucune façon. L'autre déplore la vision romanesque de l'IA chez le grand public :

J'aime beaucoup la science-fiction. Je lisais les "fondations" d'Isaac Asimov. En 1952 1956, il en a sorti trois puis en 80 82, il en a sorti deux. ... De dire qu'après je l'applique dans mon projet, dans mon travail, si c'est le cas, c'est probablement inconscient dans le sens où sans trop m'en rendre compte (Diego Z., doctorant en informatique).

En fait, si je parle à ma famille, ils ne sont pas en sciences, ils ne sont pas en informatique. Eux verraient plus comme de la science-fiction. Sur Internet, il y a des gens qui craignent que les ordinateurs détruisent l'humanité (Paul. S., étudiant en maîtrise).

Précisions au passage que mes entretiens ne présument pas de hiérarchie entre les savoirs savants dans la mesure où le sociologue conceptualise dans son vocabulaire ce que dit son interlocuteur en usant du lexique en vigueur dans son champ professionnel. Je ne me plaçais pas non plus dans un rapport d'intervention où je ferais des recommandations lors une prise de

---

<sup>212</sup> Github est un espace de travail collaboratif en ligne. Les programmeurs échangent sur ce qu'ils écrivent ou bien rendent public leurs codes afin que d'autres puissent les intégrer dans leurs travaux respectifs. « Github », Informatique, 2020, <https://github.com/>. Cette plateforme a été achetée par Microsoft en 2018.

position argumentée. Enfin, j'écartais tout jugement moral, notamment dans la façon de poser mes questions lors de l'entretien.

En somme, les raisonnements à l'œuvre dans cette thèse reposent sur le contenu d'entretiens caractérisés comme ensembles de relations sociales diversifiées à l'origine de ma connaissance de l'IA. Le savoir juridique sur lequel s'appuie le certificat d'éthique exigé par l'Université de Montréal pour une telle enquête ne forme pas la base des liens qui se nouent dans les premières minutes de l'entretien<sup>213</sup>. Posé de manière absolue, indépendant du temps et des espaces, il se voit supplanter par d'autres connaissances ravivées sous forme de mémoires ou souvenirs, cadres qui s'ancrent dans les conditions matérielles desquelles ils sont nés puis rappeler (ex. aménagement des lieux, durée de l'entrevue).

## **La sélection des chercheurs, de la documentation technique et leur analyse**

### **Les chercheurs**

Au regard du « continent intellectuel » abordé, je voulais des formations diversifiées pourvu que le profil rédigé par les chercheurs sur le site du laboratoire mentionne une recherche axée sur l'intelligence artificielle tout en prenant soin d'avoir au moins une personne qui travaille ou ayant travaillé sur l'approche neuronale. L'hypothèse de départ sur la prégnance des « sciences de la gestion » dans la conception et l'usage de l'IA pour la connaissance de sens commun au regard de ma double formation exigeait qu'une personne diplômée en informatique et au fait des

---

<sup>213</sup> Les critiques en sciences sociales abondent sur le processus d'approbation d'un projet depuis l'énoncé de la « politique des trois conseils » en 1998 par l'Institut de recherche en santé du Canada, le Conseil national en recherche et en génie du Canada et le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada. Voir Nathalie Mondain et Paul Sabourin, « Présentation: De l'éthique de la recherche à l'éthique dans la recherche », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 5-12. Les reproches portent notamment sur la référence au biomédical (Anne Mesny et Jean-Sébastien Marcoux, « La recherche en gestion et les comités d'éthique: l'épreuve de la pratique », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 111-27), l'accent mis sur « une gouvernance de la gestion du risque » (Stéphanie Gaudet, « Penser les éthiques de la recherche phronétique: de la procédure à la réflexivité », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 95-109) et au final sur la judiciarisation des rapports entre enquêteurs et personnes enquêtées (Mondain et Sabourin, *op. cit.*). La demande d'approbation sous la forme d'un formulaire à remplir de l'Université de Montréal ne fait pas exception. À vrai dire, la majorité des chercheurs n'ont même pas lu le formulaire de consentement avant de le signer.

développements actuels en IA ait une expérience en gestion dans le milieu de la recherche. Enfin, je voulais quelques ingénieurs quoique ce critère n'ait pas fait de différence au bout du compte dans le contenu de l'entretien. Ultimement, la disponibilité des chercheurs décida de la sélection au regard du choix proposé par la « School of Computer Science » à McGill, le « Département d'informatique et de recherche opérationnelle » à l'Université de Montréal, le « département d'informatique » et le « département d'informatique cognitive » de l'UQAM ainsi que l'IVADO<sup>214</sup>. Voici dans un tableau les formations universitaires des chercheurs :

Jean G.	PhD en informatique (IA), ingénieur	Chercheur
Paul S.	Étudiant en maîtrise en informatique (Robotique)	Étudiant
Manuel T.	PhD en informatique (IA et robotique)	Chercheur
Alena F.	Diplomation en mathématique et physique, PhD en informatique	Chercheur
Diego Z.	Doctorant en informatique (IA)	Étudiant
Silvia G.	PhD en génie mécanique, ingénieur	Chercheur
Jessica M.	Étudiant en maîtrise (informatique), ingénieur (Génie civil).	Étudiant
Laurence F.	Diplomation en sc. cognitive, ingénieur, PhD en Intelligence artificielle	Administratrice
Sandra S.	PhD en linguistique, PhD en informatique	Chercheur

Certains noms m'ont été donnés lors de conversations informelles avec les participants à une présentation sur l'IA et ses sujets connexes.

<sup>214</sup> IVADO, « Institut de valorisation des données (IVADO) », 2020, <https://ivado.ca/en/>.

## Conférences et présentations, formations en ligne, livres, articles techniques

Les vingt-deux conférences<sup>215</sup> auxquelles j'ai assistées m'ont permis de discerner le point auquel j'attachais de l'importance parmi tous ceux discutés, à savoir le fait que les algorithmes sont ce nouvel objet technologique qui autorise des raisonnements, conclusions et actions de la part des usagers sur une multitude de sujets tant sur le plan personnel que professionnel. Par exemple, l'interprétation par un usager de Facebook d'un évènement précis et rapportée dans une banale conversation aurait pu être tout autre sans l'intervention d'algorithmes de sélection des articles écrits sur le sujet ou d'algorithmes destinés à rédiger les nouvelles<sup>216</sup>. Ces mêmes conférences mettaient aussi en valeur le fait que les débouchés présents et potentiels étaient nombreux.

J'ai suivi une partie des cours mis en ligne par Hugo Larochelle<sup>217</sup> sur l'apprentissage et les cours de l'École d'Été de l'IVADO<sup>218</sup> sur l'approche particulière dite « apprentissage profond ».

Parmi les livres, j'ai retenu les trois éditions du livre de l'ingénieur Peter Norvig<sup>219</sup> et du chercheur en IA de l'Université Berkeley Stuart Russell<sup>220</sup> « Artificial Intelligence, A Modern Approach<sup>221</sup> » recommandé par un professeur de l'UQAM et distribué aux étudiants de baccalauréat. Les livres bénéficient d'une diffusion dans plus de 1000 « écoles » (« schools ») dans le monde au dire de leurs auteurs. Quant à l'IA dite classique et aux débats de la communauté de

---

<sup>215</sup> Voir l'annexe 3 sur un classement des sujets abordés par ces conférences. Soulignons au passage l'attention portée à la diffusion du savoir par le département d'informatique et de sciences cognitives de l'UQAM. Ses professeurs organisaient les mercredis et jeudi matin des présentations sur l'informatique, l'IA et ses disciplines connexes UQAM, « UQAM - Département d'informatique - facultés des sciences », 2020, <https://info.uqam.ca/>. « UQAM- Département d'informatique cognitive », 2020, <https://dic.uqam.ca/>.

<sup>216</sup> Ce champ possède sa propre revue de recherche « Digital Journalism ». Les expressions rencontrées sont « algorithmic journalism » et « automated journalism ». Konstantin Nicholas Dörr, « Mapping the Field of Algorithmic Journalism », *Digital Journalism* 4, n° 6 (2016): 700-722.

<sup>217</sup> Hugo Larochelle, « Hugo Larochelle », Diffusions de vidéos, Youtube, 2014, [https://www.youtube.com/channel/UCiDouKcxRmAdc5OeZdiRwAg?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCiDouKcxRmAdc5OeZdiRwAg?view_as=subscriber). Larochelle est responsable de l'équipe Google Brain à Montréal, professeur associé à l'Université de Montréal et détient une chaire en IA CIFAR Canada.

<sup>218</sup> « IVADO. IA 101- Introduction à l'apprentissage profond », Éducation, Edulib, 2018, <https://cours.edulib.org/courses/course-v1:IVADO+IA-101+P2018/about>.

<sup>219</sup> Peter Norvig, « Peter@Norvig.com », 2020, <https://norvig.com/>.

<sup>220</sup> Stuart J. Russell, « Stuart Russell », 2020, <https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/>.

<sup>221</sup> Norvig et Russell, *Op. cit.*

recherche des années 1980 et 1990, je me suis reposé sur le recueil d'articles de l'informaticien français Yves Kodratoff<sup>222</sup> encore ici suggéré par un des professeurs rencontrés.

Les articles techniques sur les IoT abondent sur le site de l'IEEE de sorte que dans le cadre d'un usage illustratif de cette littérature, j'ai sélectionné arbitrairement les premiers articles de la longue liste produite à partir de l'expression « Internet of Things » et « Social Internet of Things ».

## La construction de « l'observatoire » sociologique

Je désire identifier les règles de construction de la connaissance dans le champ de recherche en IA. Aussi, tel que vu plus haut, j'ai rassemblé plusieurs matériaux afin de les mettre en rapport les uns avec les autres. Cette « mise en série » concerne pour l'essentiel les verbatims réalisés à partir de l'enregistrement des entretiens, les articles sur les IoT, les cours en ligne et deux livres sur l'IA, le tout selon la ligne directrice de mon intention de connaissance précisée en introduction : la configuration sociale de la connaissance savante et ordinaire des chercheurs et *relatives* à leurs pratiques, la connaissance sur la vie sociale ainsi que la connaissance produite par les artefacts.

Les entretiens permettent d'accéder à un savoir travaillé par les rapports entretenus entre chercheurs et caractérisé par le sens donné à leurs recherches. Les articles et les cours soumis à l'effort de synthèse et de rigueur associé au processus d'écriture et de publication exposent surtout des définitions formelles, des expériences et des exemples techniques explicités par des formulations mathématiques. Le tout s'articule autour de propositions de type comparatif, justificatif, illustratif (ex. « [...] These social objects are capable of participating in meaningful social conversations by creating social networks just like humans<sup>223</sup>. »).

---

<sup>222</sup> Yves Kodratoff et al., *Apprentissage symbolique. Une approche de l'intelligence artificielle*, vol. 1, 2 vol. (Toulouse: Cépaduès-Éditions, 1993). Yves Kodratoff et al., *Apprentissage symbolique. Une approche de l'intelligence artificielle*, vol. 2, 2 vol. (Toulouse: Cépaduès-Éditions, 1993). Ces deux livres sont une sélection d'articles traduits en français sur la recherche en machine learning durant les années 1980 et au début des années 1990. Ils sont issus des volumes 1 et 2 du livre original « Machine Learning : An Artificial Intelligence Approach » pour le premier tome et du volume 3 pour le second tome. Les articles sur les modèles connexionnistes sont minoritaires.

<sup>223</sup> Wazir Zada Khan et al., « When Social Objects Collaborate: Concepts, Processing Elements, Attacks and Challenges », *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 397-411.

La « mise en série » des matériaux par le sociologue est un travail de recouplement d'idées par la recherche de « similitudes<sup>224</sup> ». Chaque entretien ou document technique (ex. sur les IoT) s'assimile à un discours qui ne fait qu'un pour la personne interrogée ou l'auteur de l'article. Cette « unité » se retrouve découpée grâce à une opération d'identification et d'étiquetage de thèmes, d'idées, de points importants ou encore de « codes » selon la terminologie des logiciels employés. Ce découpage substitut à un groupe de documents hétérogènes, un ensemble d'extraits reliés les uns aux autres. La démarche ne consiste pas à rapprocher des personnes, mais des connaissances et des raisonnements même si leur présentation dans mon exposé final fait référence aux chercheurs. Sur le plan strictement technique, j'ai utilisé le logiciel d'analyse qualitative et quantitative MaxQDA<sup>225</sup> avec lequel j'ai étiqueté (« codé ») l'entièreté des verbatims et une partie des ouvrages d'informatiques et des articles. J'ai pris des notes détaillées des cours dispensés en vidéo par les professeurs du MILA et Hugo Larochelle.

Ce travail sur les similitudes consiste à repérer au sein d'un même matériau et entre documents de nature différente des significations opposées, complémentaires, identiques, relevant d'un lien causal, de l'usage, de l'esthétique (« ex. « créativité ») ou encore de l'éthique<sup>226</sup> (ex. responsabilité et culpabilité). J'ai notamment fait appel à l'inventaire des schèmes cognitifs repérables dans les travaux de sociologie et établi par le sociologue Jean-Michel Berthelot<sup>227</sup> (chap. 3, 4).

Le sociologue Pierre Verges discerne trois procès ou raisonnements à l'œuvre dans les discours des personnes qu'il interroge lors de ses enquêtes. Un procès de sélection retient « les caractéristiques les plus pertinentes » du thème abordé et élimine celles qui sont jugées inutiles. Les questions ouvertes s'avèrent alors importantes pour laisser à notre interlocuteur le soin de choisir et hiérarchiser les éléments centraux et « périphériques<sup>228</sup> ». Par exemple, l'enjeu le plus

---

<sup>224</sup> Au sens où Pierre Verges l'entend pour son enquête sur « les représentations sociales de l'économie ». Verges in Jodelet, *Les représentations ... op. cit.* Voir plus loin.

<sup>225</sup> Ce logiciel allemand est un concurrent de son compatriote Atlas TI ainsi que du logiciel bien connu NVivo.

<sup>226</sup> Je me cantonnerai à parler d'éthique seulement dans sa dimension morale (ce qui devrait être fait), l'aspect prescriptif.

<sup>227</sup> Jean-Michel Berthelot, *L'intelligence du social: le pluralisme explicatif en sociologie*, 1re éd, Sociologie d'aujourd'hui (Paris: Presses universitaires de France, 1990).

<sup>228</sup> Verges in Jodelet, *Les représentations ... op. cit.*



significatif de l'IA contemporaine est l'intrusion des algorithmes dans la vie privée selon un de nos chercheurs. Parallèlement à ceci, le procès connotatif apprécie ou évalue l'objet dont il est question. Il le qualifie en produisant des propositions de l'ordre de la description, de la prescription, de l'illustration, de l'explication, de l'évaluation. Il vise à donner un sens à l'objet par son inscription dans le vécu du chercheur, dans des normes, des valeurs, dans l'espace politique ou scientifique. Enfin, le procès de schématisation qui porte sur les similitudes (« ce qui a quelque chose à voir avec<sup>229</sup> ») tend vers la construction d'un ensemble d'idées cohérentes, vraisemblables, « une représentation en acte dans un discours » d'une heure trente ou deux heures ou bien du nombre de pages de l'article examiné.

Rappelons que j'ai donné les conditions de la production de la connaissance sociologique et à partir desquelles j'ai construit cet « observatoire ». Lors des entretiens, diverses médiations y compris celles de ma localisation sociale sont parties prenantes des verbatims ainsi que de leur analyse. Comment alors la morphologie sociale propre à cette thèse me permet-elle d'envisager la représentativité de mon travail au sein du corpus d'études relevant d'une sociologie des sciences et des techniques ?

## **La question de la représentativité : les « médiations » des matériaux**

« La préhistoire de la contrainte de représentativité » explique le sociologue Alain Desrosières nous conduit encore une fois sur le terrain du rapport entre le tout et ses parties, l'individu et la société, le particulier et le général<sup>230</sup>. Question d'échelle, comment puis-je généraliser jusqu'à un certain niveau mon analyse des propos des chercheurs ainsi que des auteurs d'articles et de livres ?

Une définition relationnelle du social modifie profondément la conception d'une représentativité sociologique. Le tout ne correspond plus à une totalité absolue, mais à une configuration sociale générale, les parties deviennent les relations sociales. La mise en rapport de ces relations sociales forme les configurations sociales dans lesquelles se donne à voir la vie

---

<sup>229</sup> Ibid. p. 411.

<sup>230</sup> Alain Desrosières, « La partie pour le tout : comment généraliser ? La préhistoire de la contrainte de représentativité », *Statistique et analyse des données* 13, n° 2 (1988): 93-112.

humaine empiriquement. Chaque entretien est à la fois l'expérience d'un individu en particulier et celle d'une profession et de la spécialisation correspondante. L'individu n'est dans ce cadre qu'une échelle d'observation des relations sociales qui implique, dans la vie sociale actuelle, plusieurs rapports entre relations (familiales, amitiés, éducatives, de travail, etc.). La société par ailleurs n'est conçue que comme le résultat de processus formant les ensembles sociaux à partir des rapports sociaux. Ainsi, le particulier relève de la localisation sociale spécifique des personnes, des groupes, des ensembles sociaux, mais cette spécificité sociologique existe par des relations sociales et des processus sociaux généraux (ex. la science comme institution pour représenter le monde). Cette connaissance n'existe qu'à travers des configurations sociales et elles en sont même un moment d'élaboration des espaces et temps sociaux de celles-ci. De fait, nous avons vu que la connaissance est immédiatement et irréductiblement sociale, c'est-à-dire relative aux relations sociales et à des travaux de recherche socialement constitués propre au travail du langage sur le langage des savoirs professionnels, savants et scientifiques.

Pour ces raisons, ma sélection dépasse la simple mesure quantitative du nombre de documents examinés, soit neuf verbatims, dix-neuf articles sur les IoT, vingt-deux conférences, deux cours en ligne et deux livres d'enseignement. Tout d'abord, les personnes productrices de ces matériaux exercent sous les règles communes de l'institution universitaire avec son fonctionnement propre, son échelle de salaires, ses bourses d'études et bourses de recherche, les conférences et les publications (chap. 5, 6). Aussi, mon enquête porte sur la mémoire sociale des chercheurs- professeurs au-delà des mémoires sociales localisées de chacun et relative entre autres choses aux formations scolaires spécifiques. Ensuite, le langage en IA n'est pas une création individuelle. Il est partagé, composé de règles particulières à ce champ visant non seulement les contenus exprimés, mais plus fondamentalement l'organisation implicite de ces contenus en points de vue. À travers un langage commun, les chercheurs nous parlent de collègues avec lesquels ils n'ont pas forcément travaillé et de lieux plus ou moins lointains. Par l'institution du langage, ces chercheurs, auteurs d'articles, de livres et de cours sont déjà en rapport avec le « monde », ce vaste ensemble à l'intérieur duquel je tente de cerner certains espaces socio sémantiques précis (ex. celui du gestionnaire). Enfin, j'ai constaté que les articles sont tous écrits

en équipe faisant de chaque document le résultat d'un travail collectif de production, mais aussi d'édition, de relecture dans le cadre des revues savantes.

La représentativité de l'échantillon ne se donne pas d'emblée au regard de quelques variables tel le diplôme, le nom du laboratoire, la spécialisation ou l'expérience professionnelle. Saisir le détail de l'échantillonnage exige la description et l'analyse des processus sociaux constitutifs de la configuration sociale étudiée. In fine, la représentativité sociologique de l'échantillon se construira dans cette thèse progressivement au fur et à mesure que les sémantiques sociales seront mises au jour ainsi que leur localisation sociale dans des personnes et des groupes qui les réactualisent et les transforment.

Mon travail de généralisation assure le passage d'une configuration sociale localisée par les matériaux employés à la configuration existante, celle dans laquelle nous vivons tous, l'organisation sociale pour le dire simplement. Un certain nombre de liens peuvent ainsi être établis entre les mémoires sociales des chercheurs et les « mémoires sociales » des acteurs issus du domaine de la gestion d'entreprise, de la recherche en sciences « pures », des entreprises d'informatique et de la recherche universitaire toutes disciplines confondues. Le point de vue spécifique d'un chercheur sur le réseau neuronal, l'agent, la planification, l'apprentissage, la modélisation en IA, la relation sociale telle que définie pour les IoT, la « rigueur », la place de l'être humain, le travail salarié, etc. s'élabore dans l'espace de rencontre des points de vue d'ensemble sociaux plus vastes que sont ceux des ingénieurs, des mathématiciens statisticiens ou non, des informaticiens, des gestionnaires et des scientifiques. Chaque expérience singulière et forcément limitée rejoint plusieurs espaces socio sémantiques sans que celui qui parle ait pour autant la formation de ceux qui peuplent ces ensembles. « Rejoindre » signifie que les points de vue peuvent se recouper ou se définir en rapport à ceux-ci par exemple. Ainsi, je n'ai pas vu de différence entre l'ingénieur en informatique, l'ingénieur en génie électrique (ex. les articles sur les IoT) et l'informaticien sans le titre d'ingénieur quand il s'agit de discourir sur l'agent. Par contre, « rejoindre » ne se limite pas à cela. J'ai nuancé plus haut en parlant de mise en rapports variés, de raisonnements de l'ordre de la sélection, de la connotation et de la schématisation. Cette généralisation se conceptualise sous le terme de l'institutionnalisation (chap. 5, 7), une

certaine perspective sur la vie sociale telle que mentionnée en introduction dans ma visée de connaissance.

Par contre, si l'analyse sémantique permet d'explicitier les règles communes construisant le savoir des chercheurs, j'ignore jusqu'à quel point ceux-ci se reconnaissent dans les positions de collègues au regard de mon chapitre 6 et les dissensions qui ont cours. Au-delà des divergences, du lexique et des spécialisations, ont-ils le sentiment de prendre part à un groupe socio professionnel particulier, plus large que celui formé par les collègues fréquentés quotidiennement ? En outre, cette généralisation s'effectue sans avoir le détail de toutes les sémantiques sociales en jeu. Dans le chapitre 6, les clivages mis en relief ne nous présentent pas les points de vue de toutes les personnes à propos desquelles nos interlocuteurs s'expriment. La question de la « rigueur » se réduit à l'aspect mathématique et n'envisage pas le point de vue de ceux qui s'estiment rigoureux d'une autre manière. De même, on peut être étonné que la recherche opérationnelle fasse partie de facto d'un département d'informatique, mais nous n'avons pas le point de vue d'informaticiens plus anciens dans le département ou spécialisés dans ce domaine. Une recherche ultérieure pourrait raffiner les débats en exposant les points de vue absents ou de nouvelles perspectives. Somme toute, chaque personne est un observatoire de relations sociales variées, un faisceau de sémantiques sociales élaborées de façon pragmatique<sup>231</sup> à travers une socialisation dont nous retrouvons les traces dans des savoirs et raisonnements collectivement reconnus.

---

<sup>231</sup> Connaissances qui s'élaborent dans l'action et constitutives des pratiques.

## Chapitre 3. Le modèle ML, une activité de schématisation

Ce chapitre dans lequel je caractérise le modèle ML établit une entrée en matière dont les points seront développés tout au long de la thèse. Présenter le rapport entre l'usager et le modèle ML par sa conceptualisation sociologique en tiers médiateur exige de montrer qu'au fondement des connaissances sur lesquelles repose le modèle ML, nous retrouvons une représentation du monde en termes de problèmes et dont la résolution passe par l'action au cœur de la métaphore de l'agent.

Le modèle ML consiste en une activité de schématisation du monde, du « micromonde » devrais-je dire, selon la terminologie informatique et en vue d'objectifs<sup>232</sup> toujours déterminés à l'avance. L'expression « activité de schématisation » renvoie aussi bien au travail des informaticiens qui conçoivent le modèle qu'à la mise en œuvre de celui-ci. Tout au long de cette thèse, j'explore sous différents angles les termes d'« activités », de « schémas » et ce que j'entends par « connaître » et « agir ».

Il existe plusieurs définitions de ce qu'est un modèle, mais pas une seule ne fait l'unanimité<sup>233</sup> (Roy et Hasni 2017). Ce chapitre à vocation descriptive se place tour à tour du point de vue des sciences « dures », de l'informatique, des sciences cognitives et des mathématiques afin, non pas de disserter sur les modèles en général dans ces disciplines<sup>234</sup>, mais d'amorcer l'élaboration des rapports entre les aspects conceptuels et opérationnels qui caractérisent le modèle ML parmi lesquels son objet empirique, ce sur quoi porte le modèle.

---

<sup>232</sup> À ne pas confondre avec les usages. Identifier une chaise est un objectif d'apprentissage. Utilisé dans le service Facebook Market, l'usage consiste à trouver toutes les chaises mises en vente dans notre région afin d'acheter celle qui nous convient.

<sup>233</sup> Cette polysémie n'empêche pas l'existence d'une classification en modèle symbolique et physique par exemple. Patrick Roy et Abdelkrim Hasni, « Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec », *McGill Journal of Education* 49, n° 2 (13 avril 2015): 349-71, p. 351. Voir aussi le renvoi suivant.

<sup>234</sup> En informatique, Boullier présente les cinq familles : « Domingos identifie cinq modèles conceptuels : les symbolistes, les connexionnistes, les évolutionnistes, les bayésiens, les analogistes. Chaque tribu, comme il les appelle, tient à un noyau de croyances spécifiques, qu'il a tendance à purifier pour des raisons didactiques, alors que les pratiques du ML sont faites d'hybridation comme nous le verrons ». Dominique Boullier et El Mahdi El Mhamdi, « Le machine learning et les sciences sociales à l'épreuve des échelles de complexité algorithmique », *Revue d'anthropologie des connaissances* 14, n° 1 (2020): 1-34.

Je divise mon propos en six sections. Les trois premières exposent les traits généraux du modèle ML alors que les trois sections suivantes entrent dans les détails. La première montre que le modèle ML est un objet concret de connaissances, à la fois une forme, un contenu et une action. La deuxième s'attarde sur la mise en relation de diverses entités, l'opération maîtresse du modèle ML. La troisième section nous éclaire sur le raisonnement par analogie chez les chercheurs et par la même sur leur conception de l'intelligence. Cette dernière se voit préciser dans la quatrième section par ce qu'ils entendent par apprentissage. Dans la cinquième partie, je me penche sur le modèle dominant actuel, le « representation Learning » où je précise l'opération mathématique de mise en lien. Enfin, la dernière section présente le cas particulier, mais hautement médiatisé de l'approche neuronale (« Deep Learning »).

## Le modèle et son objet

### Le modèle ML et son objet : une forme et un contenu

Reprenons la définition générale du modèle du philosophe des sciences Gilles Gaston Granger que je commente dans le texte même ([...]) au regard du modèle ML :

Nous donnerons ici au mot « modèle » une acception sans doute assez conforme à l'usage, mais qu'il convient pourtant de préciser. Un modèle sera pour nous **une représentation abstraite des phénomènes** [seuls certains attributs de l'objet capté sont retenus]; même s'il s'agit d'une réalisation matérielle [calculateurs, serveurs de données, capteurs], ce qui importe dans le modèle ainsi entendu, **c'est sa fonction de schématisation** [mise en relations des attributs] ; le but n'est pas de reproduire en quelque manière le phénomène [un aspect ambigu de la recherche en IA], mais de **représenter en manifestant l'opposition d'une forme a un contenu** [formes mathématiques issues de la statistique ou non et relative à un objet quelconque]. Malgré les apparences contraires, les modèles du logicien, qui sont en un sens plus « concrets » [algèbre de Boole par exemple] que ceux dont ils sont des modèles, obtiennent dans une autre perspective le même résultat **qui est de rendre saisissable le rapport opératoire d'une forme a un contenu**<sup>235</sup> [produire une « connaissance » pour les informaticiens].

Il est aussi une structure mathématique « d'interrelations d'éléments<sup>236</sup> » :

---

<sup>235</sup> Gilles G. Granger, « Modèles Qualitatifs, Modèles Quantitatifs Dans La Connaissance scientifique », *Sociologie et Sociétés* 14, n° 1 (1982): 7-13., p. 7.

<sup>236</sup> Ibid. p. 8.

En second lieu nous observons qu'il y a lieu de reconnaître comme également digne du titre **deux espèces assez généralement irréductibles** de modèles, que nous désignerons respectivement comme **modèle machine** et comme **modèle système** les premiers visent à représenter un processus et décrivent à proprement parler un fonctionnement les seconds décrivent **statiquement une structure comme interrelations d'éléments** : un système phonologique, une classification zoologique sont à cet égard des modèles<sup>237</sup>.

La notion d'apprentissage remet en cause l'irréductibilité supposée par Granger du « modèle-machines » et du « modèle-système », car les modèles ML s'articulent les un aux autres dans ce que l'on dénomme des logiciels de sorte qu'ils rendent compte à la fois d'une dynamique et d'une statique de l'objet modélisé. Le modèle ML se plie à une vision processuelle de ce qui est capté selon une temporalité linéaire et cyclique (chap. 7).

Il est un modèle mathématique au sens où il est un enchevêtrement d'équations prises dans un jeu d'entrées et de sorties que nous verrons plus loin. Ceci repose sur l'hypothèse que tout objet peut être découpé et les sections mises en relation les unes avec les autres à l'aide d'équations de façon à en déduire un état (ex. une lampe allumée) ou l'intention d'une personne (ex. acheter tel produit).

Si le modèle ML est jusqu'à présent un modèle abstrait, il est aussi « une représentation simplifiée d'une entité du monde réel<sup>238</sup> » où « simplifiée » veut précisément dire « réduction représentationnelle<sup>239</sup> ». Le modèle ML formalise en langage mathématique, lui-même traduit en langage informatique (ex. Python, R, Java) ce que j'appelle indistinctement certains des traits, propriétés, caractéristiques d'un objet tel qu'une situation, une personne, une personne en action (en « activité »), un objet physique ou des idées couchées sur papier. Citons ce réseau neuronal qui a étudié les résumés de 3,3 millions d'articles en sciences des matériaux afin de dresser une liste de ceux qui avaient la plus grande probabilité de posséder une propriété thermoélectrique<sup>240</sup>.

---

<sup>237</sup> Ibid. p. 8.

<sup>238</sup> Roy et Hasni, *Op. cit.*, p. 352.

<sup>239</sup> Gilles Gaston Granger in Jean Robillard, « La modélisation mise à nu par ses niveaux de causalité même » (Montréal, 13 février 2008), <https://sites.google.com/site/jeanrobillard/home>., p. 10.

<sup>240</sup> Fabrice Auclert, « Cette IA aide à compléter d'anciennes recherches scientifiques », Futura Tech, 10 juillet 2019, <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/intelligence-artificielle-cette-ia-aide-completer-anciennes-recherches-scientifiques-76805/>.

Ce caractère « concret » renvoie autant à l'aspect quantitatif que qualitatif du modèle ML. Suivons Granger sur ce point<sup>241</sup> pour montrer que cette dichotomie ne permet pas de saisir entièrement le modèle ML. Tout d'abord, la mathématique ne suffit pas à en faire un modèle quantitatif, faut-il encore introduire la mesure, une série d'opérations empiriques assurées par des capteurs. S'il est facile d'imaginer un capteur laser produisant un espace à deux ou trois dimensions (ex. un aspirateur robot<sup>242</sup>), il devient impossible de parler de mesure pour une opération d'enregistrement d'une scène ou d'une voix. Aussi, il n'y aurait pas de mesure dans plusieurs cas, d'autant plus qu'une métrologie réaliste porte sur un objet existant, physiquement accessible ou observable, au sens des sciences naturelles<sup>243</sup>. Pensons simplement à un calcul qui porte sur une intention d'achat. L'objet de mesure serait dans ce cas-là, la connaissance que l'utilisateur a de son action (ex. cliquer sur des produits d'un site commercial pour acheter). Quand bien même y aurait-il mesure pour en faire un modèle quantitatif, la qualité ne peut être introduite qu'à la suite d'une explicitation « des conditions sémantiques de la mesure<sup>244</sup> ». À partir des travaux de Bruno Latour et de Laurent Thévenot, Desrosière explique que :

Le verbe quantifier dans sa forme active (faire du nombre) suppose que soit élaboré et explicitée une série de conventions d'équivalence préalable impliquant des comparaisons, des négociations, des compromis, des traductions, des inscriptions, des codages, des procédures codifiées et répliquables, et des calculs conduisant à la mise en nombre<sup>245</sup>.

Ainsi, l'aspect concret envisagé du seul point de vue de l'objet sur lequel il porte ne suffit pas puisqu'il se construit sur quelque chose qui n'existe autrement que par des traces d'activités. De fait, le modèle ML demeure « concret » malgré tout selon deux autres sens donnés à ce terme. Tout d'abord, plutôt que de raisonner sur la dichotomie quantitatif\qualitatif, j'examinerai dans ce chapitre et les suivants les opérations explicites aussi bien qu'implicites à l'origine du modèle ML comme mise en forme des connaissances des chercheurs pris dans leurs conditions sociales d'exercice. Ce type de modèle les réifie et dans ce sens il intègre l'expérience, le vécu des concepteurs et les diffuse lors de l'usage. Ensuite, il est « concret » en tant que contenu, c'est-à-

---

<sup>241</sup> Gaston Granger, *Modèles qualitatifs ...*, *Op. cit.*, p. 8.

<sup>242</sup> Ecovacs, « Ecovacs », 2020, <https://www.ecovacs.com/global/deebot-robotic-vacuum-cleaner>.

<sup>243</sup> Desrosières, *Pour une sociologie ...*, *Op. cit.*, p. 10.

<sup>244</sup> Granger, *Op. cit.*, p. 8.

<sup>245</sup> Desrosières, *Pour une sociologie ...*, *Op. cit.*, p. 10, 11.



dire comme « nouvelles connaissances » ayant à la fois le statut de résultat sur le plan informatique, d'objet destiné à des calculs à venir dans une boucle de rétroaction et d'objet de pensée pour l'utilisateur (chap.4). Ceci revient à parler de sa visée opératoire dont l'efficacité est la propriété centrale pour agir sur le monde et dans le monde. Reste à examiner le rapport entre forme et contenu (chap. 4). Précisons au passage que le modèle ML n'est pas un modèle explicatif<sup>246</sup>, du moins du point de vue des « sciences pures » (chap. 6). Par ailleurs, l'absence d'explication n'empêche pas les informaticiens de s'attribuer le statut de scientifiques que nous ne manquerons pas d'examiner à travers des critères jugés importants pour leur travail (chap. 6).

### **Le modèle ML et l'action : l'autre versant du caractère « concret »**

L'IA repose sur la dichotomie entre penser et agir (Norvig et Russell 2010 p1)<sup>247</sup>. Par exemple, penser comme un être humain relève de la recherche sur une « neuro-cognition synthétique » selon l'expression de Pierre Vadnais, docteur en informatique de l'UQAM<sup>248</sup>. Sa conférence au mois de février 2016 qualifie cette intelligence de « forte » dans la mesure où le modèle neuronal de ce chercheur ne comprend aucune sémantique au départ (« zero semantic commitment »), une évocation rapide de la question sur l'importance de la connaissance préalable. De plus, si le fameux test de Turing évaluait l'aptitude d'un programme à agir comme un être humain, ce chercheur ne se contente pas de l'apparence. Il désire sur le fond imiter la façon de produire la connaissance.

Jusqu'à un passé récent, les règles mathématiques implantées dans les programmes d'IA donnaient des solutions théoriques. Elles ne tenaient compte ni des moyens disponibles pour les mettre en œuvre ni des nombreuses variables de l'environnement humain. Au tournant des

---

<sup>246</sup> Cette discussion relève d'une épistémologie des sciences, de la fameuse « boîte noire » dans les débats publics et d'une réflexion des informaticiens eux-mêmes que nous analyserons et qui porte sur un résultat mathématiquement démontré ou non, sur les aspects techniques tels que la hiérarchie par niveau d'abstraction croissant des couches dans l'approche neuronale ou encore sur le caractère inconnu des liens ou bien des variables.

<sup>247</sup> Je me sers de la présentation fort bien faite de Norvig et Russell. Leur tableau réunit les quatre combinaisons possibles entre penser et agir, et ce, de manière « humaine » et « rationnellement ».

<sup>248</sup> Pierre Vadnais, « Neuro-cognition synthétique : Les réseaux de neurones sémiotiques autopoïétiques » (Conférence et discussion, Montréal, 11 février 2016).

années 1990, les chercheurs en IA se penchèrent sur un genre nouveau de programme informatique<sup>249</sup> :

An agent is just something that acts (agent comes from the Latin *agere*, to do). Of course, all computer programs do something, but computer agents are expected to do more: operate autonomously, perceive their environment, persist over a prolonged time period, adapt to change, and create and pursue goals [...] An agent is anything that can be viewed as perceiving its environment through sensors and acting upon that environment through actuators<sup>250</sup>.

Les « actuators » sont des moyens pour l'action tels que des jambes, des mains, la voix, l'affichage à l'écran, l'écriture dans des fichiers ou encore l'envoi d'un message<sup>251</sup>. En sous-texte, remarquons la présence du Big Data dans le mot « environnement » et les objets connectés évoqués par les capteurs. L'agent rationnel se définit comme un programme qui agit au mieux de sa connaissance, « the best outcome » ou bien « the best expected outcome<sup>252</sup> ».

Norvig et Russell distinguent trois types d'actions. D'abord, l'action sans calcul qui relève d'une exécution automatique quand les conditions sont réunies. Ensuite, l'action qui se rapporte à un choix « rationnel<sup>253</sup> », car liée à un résultat retenu de par son adéquation avec les moyens disponibles alors que plusieurs solutions étaient en lice. Enfin vient l'action décidée par le programme en l'absence de solutions satisfaisantes ; elle place les idées « d'adaptation » et de « créativité » au centre d'une autre notion, la « décision » prise par un agent. L'intelligence consiste ici à découper le problème en sous-problèmes et à associer à chacune des réponses possibles une séquence d'actions uniques qui en pratique, peut combiner les trois types mentionnés. Précisons que si un modèle ML est une variété d'agents, agents dits « intelligents » l'inverse n'est pas vrai, puisqu'un agent peut être un programme classique au regard des trois types d'actions mentionnées.

Les agents<sup>254</sup> se déclinent en de nombreuses variantes ; ils constituent une véritable « ménagerie » selon le mot de Norvig et Russell dont un inventaire nous obligerait à plonger dans

---

<sup>249</sup> La première édition du Livre de Norvig et Russell date de 1995.

<sup>250</sup> Russell et Norvig, *Artificial intelligence*, 2010., p4, 34.

<sup>251</sup> Ibid., p. 34.

<sup>252</sup> Ibid., p. 4.

<sup>253</sup> En sociologie, nous parlerions d'une rationalité fin-moyen ou instrumentale.

<sup>254</sup> L'informaticien français Alexis Droghoul critique l'absence d'une définition précise en simulation de ce qu'est un agent (« This fuzziness, at the computational level, about *what an agent really is...*). Dans cette

le détail de leur conception. L'agent prend l'allure d'un softbot dans la plupart des interfaces destinées à l'utilisateur final. Il se charge de répondre à nos requêtes entrées dans le moteur de recherche Google, nous suggère des produits à acheter ou remplace un être humain dans un système d'aide en ligne par clavardage. On l'a compris, l'algorithme de Cardon et Sadin est un agent. Toutefois, contrairement à ces auteurs, je compte explorer une complexité révélatrice d'une vision particulière du monde qui ne repose ni sur un individu isolé ni sur une totalité autoritaire.

## **Le modèle algorithmique comme opération de mise en relation**

### **Le modèle ML : modèle statistique et modèle algorithmique**

Léo Breiman, décédé en 2005 et professeur-chercheur à l'Université Berkeley en apprentissage machine aborde la question de la modélisation sous l'angle d'une critique sévère du travail du statisticien<sup>255</sup>. Or, le positionnement de Breiman en faveur d'une modélisation « algorithmique » (« algorithmic Modeling ») nous en dit davantage sur les présupposés du modèle ML que sur la controverse elle-même entre deux « communautés » (« communities » et « culture »).

Léo Breiman, statisticien de formation, reconnaît que les treize années passées comme consultant ont conditionné sa vision de la modélisation. Tout d'abord, un modèle vise à fournir la bonne réponse à un problème donné. Sur le plan mathématique, « bonne » se rattache à un calcul de minimisation de l'incertitude sur le résultat. Quant à la « réponse », elle est une « information » et le modèle n'est pas une explication. Le modèle algorithmique dont il défend la précision contre son homologue statistique tient pour acquis que la plupart des phénomènes possédant des « mécanismes » « mystérieux » et « complexes » demeureront comme tels<sup>256</sup>.

---

thèse nous adopterons ce que cet informaticien appelle la version « faible » de l'agent, sa définition « métaphorique » et commune au génie logiciel et à l'élaboration de modèles destinés à la simulation: "Furthermore, as far as multi-agent systems are concerned, another consequence of these discrepancies is that, in order to agree upon a shared notion of "agent", the researchers have to make it "weak", i.e. as consensual as possible given their different backgrounds. An "agent" is then described as an "autonomous", "proactive", "interacting" entity". Alexis Drogoul, Diane Vanbergue, et Thomas Meurisse, « Multi-agent based simulation: Where are the agents? », in *Multi-agent-based simulation II* (Springer, 2003), 1–15, p. 2.

<sup>255</sup> Leo Breiman, « Statistical Modeling: The Two Cultures », *Statistical Science* 16, n° 3 (2001): 199-215.

<sup>256</sup> Ibid.

Le modèle algorithmique ne prétend pas expliquer le déroulement de ce qui est observé, mais seulement de le reproduire (« emulate », « reproduce<sup>257</sup> ») et sa précision se mesure à la fidélité de la réponse au regard du résultat attendu. Breiman en référence au rasoir d'Occam<sup>258</sup>, métaphore fréquemment reprise dans la communauté de ML, donne la priorité à la précision de la réponse au détriment de l'interprétation des équations. En effet, conserver le côté obscur de la « Nature's box<sup>259</sup> » comporte ses avantages.

Tout d'abord, Breiman propose à l'encontre des statisticiens de ne pas poser à priori de manière plus ou moins arbitraire un modèle connu (ex. régression linéaire), souvent peu représentatif des données et justifié à postériori à l'aide d'explications banales la plupart du temps estime-t-il. Trouvons plutôt un moyen, et nous sommes là au cœur de l'idée de l'apprentissage contemporain, de construire automatiquement les équations<sup>260</sup> qui mettent en relation les variables propres à l'objet d'étude et posées au départ ou bien, ajouterais-je les liens entre des variables créés automatiquement.

Plus précisément et c'est le second point, le substantif de « réduction » que Breiman ne mentionne pas résume une des différences majeures entre les deux approches. Le modèle ML peut selon l'approche choisie, fragmenter son objet non pas en une poignée de variables les plus significatives selon les chercheurs, mais les plus pertinentes selon les calculs à effectuer. Le caractère « complexe » d'un phénomène se conserve alors à travers les centaines voire les milliers de variables que le modèle ML articule. « Digging it out in small pieces<sup>261</sup> » revient à accroître la précision de l'information sur l'objet, affiner sa description en multipliant le nombre de traits qui le caractérise. Le modèle ML permet ainsi de répondre à des questions sur ces

---

<sup>257</sup> Ibid. p. 204.

<sup>258</sup> Dans la communauté informatique, le rasoir d'Occam est un débat entre précisions du résultat, simplicité de l'algorithme pour y parvenir et compréhension de ce dernier. À ce sujet, Domingos résume les deux interprétations : "This controversy arises partly because Occam's razor has been interpreted in two quite different ways. The first interpretation (simplicity is a goal in itself) is essentially correct, but is at heart a preference for more comprehensible models. The second interpretation (simplicity leads to greater accuracy) is much more problematic." Pedro Domingos, « The Role of Occam's Razor in Knowledge Discovery », *Data Mining and Knowledge Discovery* 3, n° 4 (1999): 409-25. , p. 1.

<sup>259</sup> Breiman, *Op. cit.*, p. 204.

<sup>260</sup> Ce qui en soit est faux si l'on considère les réseaux neuronaux par exemple, construction mathématique d'équations, mais dont le résultat n'est pas une équation. Dans un tel cas, l'équation représente symboliquement la mise en lien, un terme à comprendre dans son sens commun et non mathématique.

<sup>261</sup> Breiman, *Op. cit.*, p. 208.

« uncontrolled observations on complex systems involving unknown physical, chemical, or biological mechanisms<sup>262</sup>». Dans le même paragraphe où cette phrase apparaît, Breiman passe de ces exemples relatifs à la « Nature's box » aux « medical data » et aux « financial data » auxquelles s'ajoutent la reconnaissance de la parole, l'écriture manuscrite, la cause d'un embouteillage, le niveau d'ozone dans l'air ou encore le comportement des marchés financiers.

Ainsi en 2001, le modèle algorithmique émergeait déjà en tant que moyen d'une réponse sinon à tout, du moins à un grand nombre de questions. Par conséquent, nous explique Breiman, ne soyons pas surpris que de nouveaux corps professionnels s'impliquent dans la résolution de problèmes, évinçant les statisticiens de problèmes intéressants et compliqués (« challenging ») dans plusieurs champs, dont ceux scientifique et commercial. Au final, Breiman maintient le rattachement de l'apprentissage machine à la statistique au nom du fait qu'il n'est écrit nulle part que les modèles traditionnels doivent avoir préséance sur le modèle algorithmique.

Cet « argument statistique » discuté par Breiman se rapporte à la tension séculaire entre l'approche bayésienne et fréquentistes<sup>263</sup>. À lecture de Léo Breiman, je comprends que le modèle algorithmique partage minimalement avec les statistiques l'opération de mise en relation de données disparates avec une certaine probabilité associée au résultat, mais en minimisant l'appel à des connaissances préalables. Je reprendrai ce point au chapitre 6.

En attendant, récapitulons les points importants sur lesquels je reviendrai. D'abord, la connaissance est toujours prédite. Ensuite, le modèle algorithmique porte sur un objet ou un phénomène, ce que nous devons préciser (chap. 4). Nous verrons plus en détail qu'une opération de classification ou bien de prévision sur une valeur met en relation les attributs de l'objet selon une perspective processuelle pour ce qui est de la captation de la vie quotidienne (chap. 7). Pour Breiman, l'aspect simplificateur des opérations mathématiques à l'œuvre sur l'objet serait largement atténué par la multiplication des attributs ou des dimensions, point soutenu aujourd'hui<sup>265</sup>.

---

<sup>262</sup> Ibid., p. 203.

<sup>263</sup> Desrosières, *Pour une sociologie ...*, *Op. cit.*

<sup>265</sup> Dimensions, attributs, variables, traits, autant de substantifs qui désignent les caractéristiques de l'objet à modéliser. Voir plus loin, le cours en ligne sur l'IA donné par des chercheurs de l'IVADO.

Cet article demeure d'actualité dans le cadre de la production de liens inédits entre variables établies au départ, mais également pour la production de variables créées au moment de l'analyse de sons et d'images selon l'approche neuronale. L'objet reste inconnu au final, que ce soit la nature des liens, les variables ou les deux de sorte que la tension entre l'« interprétabilité » et la précision du résultat se retrouve sous la question de la signification tant pour les chercheurs que pour les usagers. Enfin, le modèle algorithmique couvre beaucoup plus de domaines que les modèles mathématiques classiques de façon qu'il répond à de nombreuses questions prises en charge désormais par des informaticiens, des ingénieurs et autres professionnels, des « nonstatisticiens<sup>266</sup> » d'après le mot de Breiman. Il n'y a qu'à voir la variété de leurs applications.

### **Le modèle ML et les sciences cognitives<sup>267</sup>**

L'apprentissage à partir de grands ensembles de données revient à apprendre à partir d'exemples<sup>268</sup>. Le modèle est l'équivalent d'un « prototype » ou d'un stéréotype toujours révisable. Il se forme en considérant les similarités entre exemples et devient une généralisation sélective des traits, les « dimensions » diront les informaticiens qui déterminent ce qu'est l'objet. Il existe plusieurs modèles algorithmiques dont les plus courants sont le « random forest » (combinaison d'arbres de décision), le Support Vector Machine (SVM) et les réseaux neuronaux<sup>269</sup>. L'approche neuronale est l'implantation de la théorie des « prototypes<sup>270</sup> » à l'aide d'une conception connexionniste de la pensée. Dans un réseau neuronal informatique, l'objet à

---

<sup>266</sup> Breiman, *Op. cit.*, p. 205.

<sup>267</sup> Au chapitre 7, nous reviendrons plus en détail sur l'importance des sciences cognitives.

<sup>268</sup> Les exemples sont les ensembles de données en entrée pour construire le modèle. Cependant, réunir les données et les trier s'avère long et fastidieux. Aussi, se développe depuis plusieurs années l'apprentissage à partir d'un nombre restreint d'exemples. « FSL » ou « Few Shot Learning » réhabilite la nécessité d'une connaissance à priori. La généralisation est l'enjeu : « Using prior knowledge, FSL can rapidly generalize to new tasks containing only a few samples with supervised information ». L'être humain prit en référence sert de source inspiration : « FSL is inspired by the fact that human can easily recognize novel objects with a few samples thanks to the ability to knowledge transfer ». Voir respectivement Yaqing Wang et al., « Generalizing from a Few Examples: A Survey on Few-Shot Learning », *ACM Comput. Serv.* 1, n° 1 (29 mars 2020): 1-34. Aoxue Li et al., « Large-Scale Few-Shot Learning: Knowledge Transfer With Class Hierarchy », in *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Long Beach, CA, USA: IEEE, 2019), 7205-13.

<sup>269</sup> Breiman, *Op. cit.*

<sup>270</sup> Voir le cadre théorique avec De Munck, *Op. cit.* qui se réfère à Putnam.

modéliser se représente comme une configuration de ses caractéristiques ayant chacune une importance différente, un « poids » variable selon l'analogie avec les poids synaptiques du cerveau<sup>271</sup>. Le connexionnisme en science cognitive renvoie dans ses fondements à la tradition philosophique empiriste ainsi qu' « associanniste » de Locke et Berkeley<sup>272</sup>. Toujours par analogie avec le cerveau, précisons que le résultat final est le réseau tout entier et non des connexions particulières entre « neurones ».

En conclusion de cette section, le modèle ML est un codage en langage informatique de  $n$  dimensions qui n'ont de portée que dans le rapport des unes avec les autres. Ces dimensions quantifiées selon une programmation précise qui segmente l'objet à l'étude sont mises en lien les unes avec les autres pour dégager un schéma ou une configuration dénommée modèle, populairement appelé « intelligence artificielle ».

## **Le modèle ML : un « modèle analogique »**

Nous ne disposons pas d'une théorie de l'analogie malgré son importance dans les sciences et discutée au 19e en physique par Maxwell, Hertz et Boltzman<sup>273</sup>, puis rejetée au 20e par Gaston Bachelard, indigne de la rigueur exigée d'un « esprit scientifique<sup>274</sup> ». Pour Jean-Michel Berthelot :

Un paradigme analogique, lorsqu'il est à l'œuvre dans une perspective scientifique [discussion du chap. 6], n'entraîne nullement une transposition mécanique d'un schème explicatif [ce que précisait Breiman], mais fournit une armature logico-pratique permettant la mise en œuvre d'un programme d'analyse déterminé: par celui-ci faits existants et nouvelles observations [l'objet à modéliser] peuvent être constitués comme la base empirique d'une interprétation donnée [en gros, les problèmes et les actions à entamer]<sup>275</sup>.

Les chercheurs soulignent pour plusieurs leur statut de scientifiques et le fait qu'ils ne prétendent pas simuler la cognition humaine. Certes, la référence à l'être humain à une valeur

---

<sup>271</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 46.

<sup>272</sup> Ibid., p. 42.

<sup>273</sup> Jacques Bouveresse, *Prodiges et vertiges de l'analogie : De l'abus des Belles-lettres dans la pensée* (Paris: Raisons d'agir, 1999).

<sup>274</sup> Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, Presses universitaires de France, 6e édition Quadrige, 1934 (1999).

<sup>275</sup> Berthelot, *L'intelligence ...*, *Op. cit.*, p. 130.

heuristique indéniable et l'analogie ne tient pas lieu d'explication théorique. Elle possède avant tout une valeur performative dans la mesure où leur lecture de l'être humain légitime la recherche en IA (les catégories d'aide et de problème) ainsi qu'une organisation des rapports sociaux en termes d'entités agissantes pouvant s'articuler par une grande diversité d'actions. Elles se retrouvent dans les objets connectés assimilés à des agents (chap. 7).

Ma compréhension du raisonnement par analogie engagé dans la recherche en intelligence artificielle aujourd'hui me conduit à proposer une synthèse composée des entités suivantes : cerveau, humain, lien, connaissances, données, action<sup>276</sup>, « Les discontinuités ontologiques » étant « relayées par des continuités analogiques »<sup>277</sup> constitutives du modèle ML.

Ultimement, l'être humain est mis en rapport avec le modèle ML par deux analogies et une relation de transitivité découlant du lien entre humain et agent, agent et modèle ML. Par exemple, l'être humain se retrouve en relation techniquement et socialement avec les modèles ML d'une automobile par l'assimilation de celle-ci à un agent (chap. 7). Au chapitre suivant, nous tâcherons de comprendre la nature de ce lien en usage en ramenant le modèle ML au concept de « mémoire sociale technicisée ».

### **Le quadruplet cerveau\humain et liens\modèle ML**

Si l'être humain possède un cerveau, le modèle ML est constitué de liens. Ces derniers sont des relations mathématiques entre variables et prennent la forme de fonctions que ce soit celles des statistiques classiques ou d'autres. Précisons que le lien devient la « connexion », un terme réservé aux approches connexionnistes parmi lesquelles figure l'approche neuronale avec sa version mathématisée du neurone. Du cerveau humain ne sont retenus que cette notion de lien qui transposée devient des opérations de mise en rapport d'attributs de l'objet à modéliser.

---

<sup>276</sup> Ma réflexion s'inspire de celle de Gilles Houle et Luc Racine dans un texte de 1983 « La littérature et le social : remarques sur l'usage de l'analogie ». Partant de l'analogie structurale de Lévi-Strauss dans les relations de sens entre les couples a/b et c/d, ils insistent sur les similitudes plutôt que sur les oppositions ou différences. Gilles Houle et Luc Racine, « La littérature et le social : remarques sur l'usage de l'analogie », *Sociologie du Sud-est*, n° 35-36 (1983): 45-64.

<sup>277</sup> Livet et Nef, *Op. cit.*, p. 313. Les auteurs rappellent les quatre modes de dualités mentionnés par l'anthropologue Philippe Descola dont l'analogisme. Les autres sont le totémisme, le naturalisme et l'animisme.



## **Le quadruplet connaissance\humain et données\modèle ML**

L'être humain produit des connaissances, agit au regard de connaissances et est lui-même un objet de connaissances dans diverses disciplines. De même, le modèle ML utilise des données, produit des données aussi désignées comme « informations » et parfois « connaissances », un point dont nous discutons au chapitre 5. Enfin, le modèle ML est une donnée (son résultat) intégrée dans d'autres calculs, soit un contenu à partir duquel nous discutons de son rapport avec la forme adoptée (chap. 4). Enfin, ce même contenu permet l'action ou la prise de décision de la part de l'utilisateur ou de la machine.

## **L'agent informatique, un concept intermédiaire entre humain et modèle ML**

Au regard de la définition donnée par Norvig et Russell, l'agent est le concept qui fédère les notions de « liens », de « données » ainsi que d' « action », l'entité absente des quadruplets ci-dessus. La dimension de l'action au centre du concept d'agent et généralisée fait de n'importe quel objet une entité agissante (chap. 7).

En bref, l'agent de Norvig et Russell est un programme capable d'agir à partir de décisions qui reposent sur divers critères, soit une autre façon de définir l'intelligence artificielle. Les substantifs « intelligence artificielle », « humain », « machine » et « agent » reviennent de manière récurrente dans les propos des chercheurs interrogés quoique selon leurs spécialités, ils ne fassent pas tous usage de chacun de ces mots dans leur travail. Par contre, ils semblent appropriés pour discuter de ce dernier et répondre à mes questions.

L'agent est l'approche moderne (« modern approach ») de l'intelligence artificielle<sup>278</sup> de sorte qu'une machine ou un être humain peut être désigné par le terme d' « agent ». Pourtant l'agent ne se substitue pas aux trois autres entités : la nature idéale de l'agent autorise en pratique à fédérer l'être humain, la machine et le modèle ML tout en les distinguant. Alors que l'humain et la machine (objet toujours connecté) ont une existence physique, le modèle ML et l'agent sont deux idées qui ne peuvent de prime abord que renvoyer à d'autres idées, ne seraient-elles que celles de leurs disciplines. L'humain et la machine sont-ils alors leur base matérielle ou

---

<sup>278</sup> Norvig et Russel, *Op. cit.*

bien autre chose ? Nous nous attardons sur l'être humain dans l'immédiat, puis la machine dans le chapitre 7. Les raisonnements des chercheurs se bâtissent sur des rapports d'association et de substitution sans équivalence stricte.

### **Humain et agent**

Dans cette forme d'analogie, il ne s'agit pas de deux objets qui existent au départ et pour lesquels on tente de trouver des ressemblances, mais plutôt de la construction d'un objet à partir d'un autre. Le concept d'agent se construit par l'emprunt de nombreux traits et capacités cognitives propres à l'être humain. En fait, la lecture de Norvig et Russell m'amène à penser que la version contemporaine de l'agent devient une formalisation avancée de l'être humain<sup>279</sup> non seulement à valeur heuristique pour le chercheur, mais également opératoire puisqu'elle assure une continuité entre deux entités différentes sur le plan de l'espace, du temps ou encore des actions comme nous le verrons tout au long de ce travail.

Par formalisation avancée, j'entends qu'il a fallu abandonner la conception behavioriste du sujet qui rejetait les états mentaux internes tels que les désirs, les intentions et les croyances<sup>280</sup>. La croyance en informatique, explique l'ingénieur Nils Nilsson, est une connaissance sujette à changement qu'un agent possède sur le monde qui l'entoure suite à la captation de ce dernier ou posée par le concepteur. Le désir s'assimile à tous les objectifs poursuivis par l'agent alors que l'intention représente l'objectif choisi, celui que l'agent a décidé d'atteindre<sup>281</sup>. Norvig et Russell introduisent ces notions dès la première édition de 1995. En lien avec la notion d'incertitude, cette dernière prit de l'importance dans les années 1980, l'usage de propositions logiques vraies ou fausses étant jugées insuffisantes<sup>282</sup>. Aussi, ce n'est pas seulement l'agent, ce « sujet computationnel » qui s'affine, mais également l'espace avec lequel il est en rapport. En

---

<sup>279</sup> Norvig et Russell résumant au début de leurs livres, l'apport d'une édition vis-à-vis de la précédente. La deuxième édition met l'accent sur le raisonnement en situation d'incertitude et la connaissance préalable avec les réseaux bayésiens. La troisième édition discute de l'environnement à capter : les calculs dépendent de son caractère plus ou moins observable. Stuart J. Russell et Peter Norvig, *Artificial intelligence: a modern approach*, 2e édition (Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003). Norvig et Russell, *Op. cit.*, 3ie édition.

<sup>280</sup> Nilsson, *Op. cit.*, p. 19, 20.

<sup>281</sup> *Ibid.*, p. 461.

<sup>282</sup> *Ibid.*, p. 331, 332.

effet, la 3e édition de 2010<sup>283</sup> transporte l'idée de croyance à la pluralité d'états dans lequel peut se trouver possiblement le monde de l'agent, un environnement indéterminé et particulièrement quand surviennent des tâches de recherche et de planification, ce qui mettra de l'avant l'importance d'une captation étendue et précise du monde :

... on partially observable and nondeterministic environments, especially in the nonprobabilistic settings of search and planning. The concepts of belief state (a set of possible worlds) and state estimation (maintaining the belief state) are introduced<sup>284</sup>.

À ces points, Norvig et Russell rajoutent à la dernière édition la notion de « représentation » comme ensemble symbolique relationnel. L'ontologie du monde de l'agent ne se contente pas d'inventorier des êtres fixes aux propriétés diverses, mais prend aussi en compte leurs rapports :

In addition to discussing the types of environments and types of agents, we now cover in more depth the types of representations that an agent can use. We distinguish among atomic representations (in which each state of the world is treated as a black box), factored representations (in which a state is a set of attribute/value pairs), and structured representations (in which the world consists of objects and relations between them)<sup>285</sup>.

L'agent tire sa valeur heuristique de sa faculté d'évocation. Dans une conversation informelle avec un ingénieur<sup>286</sup>, ce dernier affirma que la métaphore de l'agent l'aidait à se projeter dans ce qu'il faisait et à utiliser sa propre expérience pour développer l'autonomie de l'objet technique qu'il construisait. Ce n'est qu'un cas particulier bien entendu, mais l'analogie prend la tournure d'une anthropomorphisation voulue dans laquelle je perdais parfois de vue au cours de certains entretiens la distinction entre le sujet humain et l'agent, requalifié souvent pour la même raison « d'agent artificiel ».

L'analogie consiste à emprunter plusieurs traits dont la « rationalité », la capacité à apprendre et à s'adapter : « Dans le cadre d'agents rationnels, un aspect super important est

---

<sup>283</sup> Norvig et Russell, *Op. cit.*

<sup>284</sup> *Ibid.*, p. VII.

<sup>285</sup> *Ibid.*, p. VII.

<sup>286</sup> Il ne fait pas partie de mon échantillon.

l'apprentissage. Tu n'as pas le choix. Tu as à la fois, pour pouvoir s'adapter, il va falloir un aspect d'apprentissage [...] » (Aléna F, informaticienne).

L'intelligence de l'agent à l'instar de l'intelligence artificielle est toujours expliquée en rapport avec l'intelligence humaine et l'artificialité se retrouve rappelée dans l'expression « agent artificiel ». Qu'en est-il alors du rapport entre agent et modèle ML ou « intelligence artificielle » ?

### **Agent et modèle ML**

Outre le fait que bien des informaticiens n'utilisent pas le concept d'agent, le lien entre l'agent et le modèle ML ne va pas de soi dans la communauté de chercheurs en dépit de la large distribution dont bénéficie le livre de Stuart Russell et Peter Norvig. Un chercheur d'une université réputée considèrerait que « [...] ce que faisait [nom de son collègue] était du « syntactic sugar », [...] » (Aléna F., informaticienne). La chercheuse Aléna F. explique sans partager cet avis que « En informatique, le syntactic sugar veut dire que tu crées une espèce de langage pour simplifier les trucs, mais c'est un peu superficiel, ce n'est pas nécessaire ».

Quoi qu'il en soit, un des rapports entre l'agent et le modèle ML repose sur l'idée d'un algorithme qui synchronise un ensemble d'agents : « Les agents sont des agents artificiels et la communication est par intelligence artificielle. En fait, le lien entre ces agents-là est basé sur des réseaux de neurones, c'est basé sur ce genre d'éléments là. Donc, ça devient de l'IA » (Silvia G, ingénieur). Autrement dit, le tout est de l'IA comme le dira aussi le chercheur Jean G. ou Manuel T alors que chaque agent prit individuellement peut ne pas être mu par un algorithme d'IA selon Russell et Norvig (ex. agent réactif) quoique les chercheurs de notre échantillon parlent tous « d'agent intelligent ». Fait notoire, la quasi-totalité des propos des chercheurs sur les agents ne les conçoivent qu'en groupe. Quoique l'expression « système multiagents » ne soit que rarement employée par Norvig et Russell et par les chercheurs interrogés, l'agent se conçoit toujours dans la multitude et le système multiagents reste toujours présent à la conception, ne serait-ce que dans l'interaction entre modèles ML et usagers. De fait, la mise en commun de l'intelligence de chaque agent illustré par Silvia G dans une approche relevant du génie logiciel aboutit à une solution dont les sous-problèmes d'ordre mécanique, électronique et informatique ne peuvent

pas se résoudre en les considérant individuellement. Plus précisément, le tout résulte de la combinaison des parties :

Il [un étudiant] fait une sorte de système multi agents distribués. Chaque sous-système du système global va être représenté par un **agent artificiel intelligent**. C'est un peu **comme si l'ingénieur est remplacé par un outil informatique**. Tous ces agents communiquent tout le temps. Ils sont donc capables de détecter des problèmes éventuels qui vont réduire l'optimalité du produit final. En travaillant comme ça, car de nos jours on a de beaux produits, on va faire **un produit fonctionnel qui est bon, mais pas nécessairement un produit optimal**. C'est aussi prouvé en design que **créer des sous-systèmes optimaux ne donne pas un système optimal**. *(Silvia G, ingénieur)*

Ce propos contient deux idées. Déjà mentionné, l'agent intelligent remplace symboliquement l'ingénieur; l'opération informatique de substitution saisit l'expérience de l'ingénieur humain dans l'agent pour une tâche précise. Ensuite, retenons de cette citation que si l'analogie avec l'être humain pose l'agent en objet symbolique universel (il s'applique aux choses qui deviennent des entités « agissantes » et « pensantes »), ce dernier s'opérationnalise dans les relations avec ses homologues.

Aussi, les rapports de l'agent au modèle ML sont multiples. L'agent intelligent se confond avec des algorithmes individuels et classés IA, permettant de parler de l'un ou de l'autre indifféremment. Par contre, l'agent dit ou non intelligent peut aussi demeurer dans un rapport de contrôle ou du moins de dépendance vis-à-vis d'un modèle central. Enfin émerge la trace de l'activité commune des calculs algorithmiques de chacun sous la forme d'une solution à un problème. Chaque agent bâti autour d'un modèle ML spécifique se trouve associé au résultat de la combinaison de ces modèles calculatoires unitaires. L'ingénieure ne qualifie pas explicitement cette combinaison d'intelligence, mais l'ensemble, techniquement appelé système multiagent relève de l'IA à la condition que chaque agent soit « capable d'apprendre » et « d'échanger de l'information » (Silvia G).

Ainsi, avons-nous un premier aperçu de la technicisation de l'idée d'une intelligence dans l'agent pris individuellement ainsi qu'en tant que synthèse des intelligences particulières sans pour autant parler d'une intelligence collective, mais qui introduit cette idée d'une connaissance relationnelle, c'est-à-dire élaborée dans les rapports à l'autre. Le système multiagents dont je reporte la discussion au chapitre 7 sera ce « réseau sociotechnique » d'objets-agents connectés.

Après avoir vu l'humain et l'agent, puis l'agent et le modèle ML, il nous reste à établir le lien entre humain et modèle ML.

### **L'humain et le modèle ML**

Le lien entre le modèle ML et l'humain s'établit par le concept informatique d'agent. Si plusieurs chercheurs n'emploient pas ce terme, les caractéristiques de cette entité informatique reviennent quand on parle d'algorithmes. De même, l'humain est omniprésent dans les propos<sup>287</sup> en tant que sujet ou adjectif comme propriété de la chose qualifiée telle que « raisonnement humain ». C'est bel et bien à partir des liens que ces propriétés sous leurs diverses versions techniques entretiennent avec « l'humain » que le modèle ML se conçoit et devient opérationnel. L'humain s'appréhende dans ce qu'il est, ce qu'il fait ou la façon dont il apprend, adulte ou enfant, il devient la référence d'un savoir ordinaire formalisé par les mathématiques et l'informatique. Dans l'immédiat, je discute ici de l'analogie et de ses limites toujours selon les chercheurs avec la façon dont l'humain raisonne. Les similitudes du modèle ML avec « l'humain » diffèrent selon que le chercheur raisonne au niveau de l'espèce ou de l'individu tout en gardant les propriétés de cette troisième entité, l'agent.

Le modèle ML renferme l'idée d'un être humain envisagé comme un sujet universel, c'est à dire atemporel et déconnecté de toute base spatiale : « Mais fondamentalement en IA, lorsqu'on parle d'intelligence artificielle, c'est de reproduire des capacités que les humains ont. » (Manuel T, informaticien) ou bien « [...] C'est de la dynamique du corps humain, c'est la mécanique que l'on apprend. » (Silvia G, ingénieur). De même, l'agent vise la reproduction d'une variété de « capacités » cognitives et de mouvements (le corps). Il renvoie à une appréhension avancée disais-je de l'humain, mais qui sous-tend une approche totalisante de ce dernier.

Quant à l'individu, il ressort dans un propos tel que celui ci-dessous et qui relève de l'être humain en action où en tant qu'agent, il se comprend dans un environnement précis, un micro monde particulier. L'ingénieure est soucieuse de l'atteinte à la vie privée de chacun : « [...], ça revient à ça. Je veux dire qu'un être humain qui est totalement connecté, si l'IA s'intéresse à lui

---

<sup>287</sup> Nous ne présumons pas d'une quelconque pertinence de la référence à l'être humain dans le travail au quotidien des chercheurs.

pour savoir comment il va manger, comment il va boire, comment il va réagir, etc. [...]. » (Jean G, ingénieur).

La position « réaliste » des chercheurs consiste à admettre que l'humain existe indépendamment du peu de connaissance que nous en avons et surtout détaché de sa représentation technicisée par l'IA. L'emploi répété des verbes « modéliser » et « simuler » par tous les chercheurs laisse entendre que ce passage de la connaissance d'un domaine des sciences humaines ou de la biologie à celui de l'IA par les mathématiques n'offre que peu de ressemblances avec la réalité telle que Aléna F, informaticienne le présente :

Ceci veut dire que cela pourrait être très différent de ce que l'humain fait. L'humain n'est parfois pas très rationnel. Il y a des gens qui travaillent, qui essaient de comprendre, de modéliser l'humain. D'ailleurs Yoshua Bengio est très intéressé à modéliser l'intelligence humaine, « the human brain »" (*Aléna F., informaticienne*)

Non, ça n'a pas plus rien à voir avec le cerveau. Ça a complètement disparu. C'est qu'un réseau de neurones, j'ai mes inputs, d'autres neurones avec des poids et je fais une transformation mathématique de mes inputs pour avoir une sortie ici qui fait son activation. Puis après, je mets d'autres liens et je peux faire plusieurs transformations comme cela. (*Aléna F., informaticienne*)

Manuel T suit en cela Von Neumann qui dans sa présentation de 1948, opposait numérique et analogique en expliquant que le neurone est une « analogy machine <sup>288</sup> » :

L'ordinateur est très différent du cerveau humain. C'est des circuits intégrés, c'est numérique, c'est donc des zéros et des uns alors que dans le cerveau c'est plutôt analogique. Je ne suis pas un expert en neurosciences, mais du moins selon ma compréhension, c'est très différent. Donc, les gens plus « symboliques » ou « logiques », ils ont un problème à résoudre et ce qui nous intéresse est de le résoudre, ce n'est pas comment le résoudre. Donc, il y a d'autres gens qui disent « bon, la nature a résolu cela d'une certaine façon, on sait que ça marche ». Aussi, pour arriver à l'IA, il y a comme hypothèse qu'il faut suivre le modèle du cerveau humain : c'est une autre approche. (*Manuel T, informaticien*)

Le modèle ML n'est pas un modèle théorique, car il n'est pas destiné à produire une explication, y compris sur sa propre constitution quand il ne fait pas appel à un modèle statistique démontré. Il n'est pas non plus un outil d'exploration conceptuel tel que le sont les modèles de

---

<sup>288</sup> Von Neumann distingue trois types de machines : mécanique, analogique (électrique) et numérique (électronique : « digital machine »). John Von Neumann, « The general and logical Theory of Automata », *Pergamon Press, Collected works*, 5 (1948).

simulation multiagents en sociologie, en géographie ou en économie<sup>289</sup>. Autrement dit, le modèle ML se cantonne à son aspect concret qui se trouve dans la résolution de problèmes aux dires des chercheurs et en particulier des problèmes de la vie ordinaire. Le modèle ML peut produire selon les cas un savoir-que, un savoir-quoi-faire ou un savoir-comment-faire dont il faut minimiser le taux d'erreur, des savoirs dont l'humain aurait besoin (chap. 5) et dont l'agent est porteur dans ses dimensions « cognitives », « actanciennes » et « fonctionnelles ».

## **Le modèle ML, une articulation des catégories d'« action » et de « problème »**

En suivant le sociologue Jean-Michel Berthelot<sup>290</sup>, le « schème actanciel » rattaché au modèle ML et qui se concentre sur l'action humaine, s'opérationnalise dans le « schème fonctionnel », soit « besoin\fonction », l'équivalent du couple « Problème\résoudre ». Ces deux schèmes saisissent de manière empirique l'idée d'action de l'humain et du modèle ML dans son organisation symbolique autour des notions de but, d'autonomie, de prise de décision et d'apprentissage. L'action fait sens aux yeux des chercheurs en postulant l'existence d'un monde de problèmes et l'impératif de les résoudre.

### **La capacité d'action du modèle ML**

À proprement parler, ce titre est un abus de langage dans la mesure où l'action accolée au modèle ML ne contient aucune signification programmée, la technique n'en est pas là, à moins d'assimiler le sens à la raison pour laquelle l'algorithme a été écrit. De plus, même si les chercheurs parlent du « but » d'un algorithme, qu'il se détermine par calcul ou qu'il ait été donné d'avance, il faut en chercher le sens chez les concepteurs ou les usagers. Je reviendrai sur ces points.

Observer, identifier, inférer, calculer, prédire, créer, interpréter, apprendre et classer, autant d'opérations qui relèvent de l'action dans les entretiens. Il en va ainsi en robotique : « Pendant ce temps [l'objet robotisé] *observe* et ensuite, elle doit *pouvoir apprendre* des

---

<sup>289</sup> Gianluca Manzo, « Potentialités et limites de la simulation multi-agents : une introduction », *Revue française de sociologie* 55, n° 4 (2014): 653,

<sup>290</sup> Berthelot, *L'intelligence ...*, *Op. cit.*, p. 28, 65. Berthelot présente les 6 schèmes les plus communément utilisés par les sociologues pour raisonner sur l'objet d'étude. Je reprends deux de ces schèmes.



démonstrations et **pouvoir faire** le trajet » (Paul S. étudiant en maîtrise). En *planning*<sup>291</sup>, « la reconnaissance de plan, c'est d'*observer* ce qu'un agent fait pour *inférer* ses activités, son plan, son but, son intention » (Manuel T, informaticien). Dans le cours de la discussion, l'agent est l'individu observé alors que l'IA doit déterminer ses actions et leur enchaînement.

Prédire prend la forme de l'anticipation quand elle s'applique à un usage précis : « [L'objet robotisé] **pourrait savoir** selon l'environnement quelles sont les actions possibles que l'utilisateur pourrait vouloir. » (Paul S. étudiant en maîtrise) ou encore « pour **faire la prédiction** de l'état de leurs machines » (Diego Z., doctorant).

Dans les entretiens, ces opérations sont des actions aussi bien que des schèmes cognitifs technicisées de l'IA dirigés vers l'action. En outre, notons que dans les entretiens, le sujet agissant est la majeure partie du temps l'agent « intelligent » et non pas l'IA. Cette substitution se justifie en assimilant l'agent à son algorithme ou bien en parlant d'agents commandés par une IA centrale tel que déjà discuté. La formalisation des algorithmes ou de l'IA en agent inscrivent le modèle ML dans le monde, c'est-à-dire dans le quotidien des activités courantes. Elles sont aussi des actions sur le monde en tant que productrices d'effets par la poursuite d'un but et soutenue par l'autonomie de l'agent et sa capacité à prendre des décisions.

### **But et autonomie**

Toutes ces opérations s'assimileraient à un acte dirigé vers une finalité si j'interprète correctement le propos de Jean G., qui par ailleurs ne fait que reformuler ce que Norvig et Russell disent déjà:

Les agents sont caractérisés par une autonomie, une forme de mobilité si c'est des « mobile agents », une forme de proaction. On va dire qu'un agent est proactif, parce qu'on lui délègue un but (Jean G, ingénieur).

L'action permet la réalisation de l'objectif, elle est sa condition nécessaire, mais non suffisante. L'autonomie est une propriété de l'agent non pas rattaché au but, du moins dans cet

---

<sup>291</sup> Le chercheur interrogé précise que le « *planning* » n'est pas une branche de l'IA pour certains des livres auxquels il se réfère. L'appellation « IA » est néanmoins utile pour la demande de subvention.

exemple (« on lui délègue » : le but est décidé par l'informaticien), mais aux moyens de l'atteindre (« proactif »). Or, l'autonomie passe d'abord par la capacité à prendre une décision :

On sait que pour faire un robot, pas autonome, semi-autonome, avec un certain degré d'autonomie, il doit être capable de prendre des décisions par lui-même (Manuel T, informaticien).

À cette action ou cette possibilité d'action correspondent une autre condition de sa réalisation: l'apprentissage.

### **Prise de décisions et apprentissage**

La prise de décision présume la capacité à envisager les alternatives à partir desquelles un choix peut être fait:

Mais si on prend des méthodes de base, les premières méthodes qui sont sorties avec la logique. On se disait « bon, nous, les humains, on prend des décisions qui sont logiques ». Si je fais telle et telle affaire, la conséquence logique est qu'il va y avoir une situation. Aussi, les premiers algorithmes d'IA basés sur la logique exploraient des possibilités. On va donc avoir des modèles d'actions, on sait ce que sont les préconditions des actions, ce qui doit être satisfait dans le monde pour être applicables, on regarde ce que sont les effets et on cherche dans le fond à explorer logiquement les possibilités pour en arriver à une décision (Manuel T, informaticien).

Prendre des décisions ne peut se faire que par l'apprentissage, condition préalable :

Comme un humain, pour que vous soyez capable de prendre des décisions tout seul, vous apprenez. C'est ce que fait l'IA. Donc, on apprend, les algorithmes apprennent pour qu'ils puissent par la suite générer des décisions de par eux-mêmes sur des choses qu'ils n'ont pas apprises (Silvia G, ingénieur).

En résumé, la prise de décision à partir de l'apprentissage permet l'action en vue d'un but, un enchaînement qui rend le modèle ML autonome.

### **L'apprentissage**

Ramené aux mathématiques, l'apprentissage présenté de manière vulgarisée est défini comme suit:

L'algorithme d'apprentissage est un algorithme qui va essayer de trouver une fonction, une **fonction mathématique**, une fonction qui prend une entrée et qui produit un résultat. Par exemple, pour identifier un téléphone, ça prend des matrices de pixels, puis ça sort « il y a un téléphone, oui ou non ». Ce serait comme la formulation la plus

basique. En ayant plein d'exemples, **je vais être capable de généraliser** qu'est-ce qu'un téléphone (Manuel T, informaticien).

Dans les entretiens, une question portait sur le rapport entre IA et apprentissage. Sans surprise, l'analogie avec être humain assure le lien entre ces deux idées :

J'apprends, je lui montre 10 000 images de chats et ensuite il va être capable tout seul de reconnaître ce qu'est un chat. Donc, il faut que vous soyez **capable de définir ce que sont les « features », les caractéristiques qui définissent un chat** pour après dire « Ok, ça c'est un chat ». [...] C'est ça l'apprentissage. **L'intelligence artificielle apprend avec le temps**. Plus on lui donne de données, plus les données sont de qualité, mieux est l'apprentissage. En effet, « **Garbage In Garbage Out** ». On lui donne de mauvaises données et les résultats seront alors mauvais. **C'est vraiment similaire à la façon dont nous apprenons. Si vous apprenez mal, vous allez appliquer sur ce que vous avez appris**. Je vous ai mal appris comment définir un modèle mathématique d'un système dynamique, alors vous allez penser que c'est comme cela qui faut faire, mais ce que vous modélisez est faux (Silvia G., ingénieur).

L'apprentissage machine se divise en trois approches dont les termes techniques renvoient à l'analogie de l'enseignant et au dressage animal :

En machine learning, il y a trois domaines principaux : « machine learning » supervisé, non supervisé et apprentissage par renforcement (Paul S. étudiant en maîtrise).

Un codage informatique complet peut comprendre l'algorithme d'apprentissage, inclure les lignes de codes nécessaires en vue de choix conditionnels (prise de décision) et le cas échéant entamer une action (ex. allumer une lumière), le tout guidé par un objectif calculé ou prédéterminé.

## **Les problèmes et leur résolution**

L'opérationnalisation du modèle ML repose sur la définition élargie du « problème » et sa diffusion à tous les domaines. Le raisonnement va comme suit. La résolution du problème passe par l'IA. On ne sait pas si l'IA existerait en l'absence de problèmes. Par contre ce dernier est une raison suffisante pour avoir inventé l'IA ou minimalement continuer sa recherche: le problème est premier et l'IA est un effet de son existence. Le problème est une catégorie de pensée descriptive du monde, elle façonne la connaissance que les chercheurs en ont.

Ensuite, cette catégorie abstraite et arbitraire de « problème » établit son rapport à la réalité par le modèle ML, l'entité concrète, soit symbolique par ses lignes de codes et matériel

par le déploiement de l'équipement électronique qui les exécute. Le modèle ML résout avec plus ou moins de succès les problèmes qui lui sont soumis. En tant que solution, le modèle ML est réintégré dans l'ensemble des problèmes sur lesquels se penchent les chercheurs, les usagers ou les propriétaires d'entreprise. En effet, le modèle ML pose des problèmes de recherche tel que celui de l'apprentissage en plus d'être une source de problèmes sociétaux tels que l'enjeu de la vie privée soulevé par deux de nos chercheurs. Le « problème » devient une catégorie régulatrice dans la mesure où elle guide l'action. Aussi, les problèmes maintiennent l'existence de l'IA et l'IA intervient dans l'ensemble des problèmes à titre de source de problèmes variés ou de moyen pour résoudre les problèmes. Commençons alors par voir ce qu'est un problème.

### Un monde de problèmes

Les chercheurs décrivent le monde par les problèmes qu'il recèle:

Je suis la ville de Montréal, j'ai l'information sur le trafic : comment je peux mieux gérer les systèmes de signalisation, les systèmes d'autobus ? Je peux prédire quand est-ce que je vais devoir remplacer ma chaussée. J'analyse les données. Tous les domaines de la société, les domaines de la science, des technologies se rendent compte qu'avec des succès de machine learning, on a des données et que l'on pourrait utiliser ça. C'est ça le data science. Le data science, c'est comment utiliser les données pour résoudre des problèmes. Pour faire cela, tu as besoin du machine learning (Alena F., informaticienne).

Le chercheur Manuel T., spécialisé en planning, développe l'idée que la résolution de problème constitue l'essence même de son travail. Pour se justifier, il explique que l'expression « intelligence artificielle » est contingente au sens où elle n'est pas nécessaire pour la recherche en planning et en apprentissage machine (« machine learning ») de sorte que la terminologie et la hiérarchisation entre disciplines auraient pu être tout autre sans changer la nature même de sa recherche : résoudre des problèmes. Voici un extrait d'entrevue où il nous fait état de ce point de vue :

Le livre de Russell va parler de planification dedans [pour qui celle-ci relève de l'IA]. J'ai aussi un livre juste sur le planning. **Je n'ai pas fait l'exercice. Mais si je cherche l'expression « intelligence artificielle » dans ce livre, je pense ne pas la trouver** peut-être, à part dans les références. Eux parlent de planification automatique, en anglais « **automated planning** ». **On veut automatiser quelque chose.** Il y a des gens qui focussent là-dessus. Pour se rencontrer dans les conférences, **on n'a pas besoin de se mettre une étiquette « moi, je fais de l'IA ».** **On est sur un problème.** Puis *une fois que*

*l'on est sur ce problème, on est comme dans **une bulle de ce problème-là**. Que le mot « intelligence artificielle » soit sexy ou non, ça nous importe peu. On s'en va dans cette direction-là. Même en machine Learning, pour eux, **le machine learning n'est pas de l'IA**. Pour eux, c'est de l'apprentissage machine qui peut apprendre. **De catégoriser ça IA ou non-IA n'apporte rien de plus**. C'est une terminologie qui sert à identifier des domaines. On s'entend sur certains termes. Puis après cela, ce n'est pas important. Si on prend les organismes subventionnaires pour la recherche, pour eux, il y a les sciences naturelles et génie. Dans les sciences naturelles, il y a l'informatique. Dans l'informatique, il y a le « software engineering », il y a « synthèse d'images », « analyse d'images ». Après ça, il peut y avoir une branche « intelligence artificielle » dans laquelle il peut y avoir une branche « machine learning », une branche « planification » . **C'est un choix qui n'est pas totalement arbitraire, mais on aurait pu faire une catégorisation des choses différemment**. On n'était pas obligé de mettre un tag « Intelligence artificielle » dessus. Il faut être conscient que derrière le terme « **intelligence artificielle** », il y a un peu une mode. Ce qui est important est de se ramener au côté fondamental. Il y a des problèmes à résoudre, on ne sait pas comment les résoudre. Donc, il y a de la recherche qui se fait pour résoudre ces problèmes-là. Aussi, la façon de nommer cela est un peu secondaire." (Manuel T., informaticien).*

### **Une conception élargie de la notion de problème**

Nous continuons avec ce chercheur, car ses propos laissent entrevoir une interdépendance des compétences du couple humain-modèle ML que nous présentons schématiquement par le verbe « savoir ». Alors que l'humain « ne sait pas », le modèle ML « sait » et quand le modèle ML « ne sait pas », l'humain « sait ». Dans les deux cas, « ne pas savoir » est un problème dont la résolution repose sur l'humain.

Le savoir-faire de l'humain devient un problème de recherche : « C'est de l'IA, parce que c'est un problème où l'on se dit à la base que les humains savent comment faire, mais en informatique on ne sait pas trop comment faire ». (Manuel T. informaticien).

Nous partons du problème général d'un savoir-faire maîtrisé par l'être humain et défini par les informaticiens comme une activité ou un ensemble d'actions orientées vers un but précis. Or, on a vu que les actions découlent de la prise de décision elle-même dépendante de l'apprentissage où « souvent le processus d'apprentissage est formalisé comme un problème d'optimisation » (Alena F., informaticien). Nous aboutissons dans cet exemple à un problème de recherche.

Inversement, la faiblesse relative de l'être humain pour certaines tâches est un problème de recherche :

On [les informaticiens à travers leurs modèles] résout les problèmes différemment des humains. Cela explique pourquoi dans **certains domaines, les ordinateurs sont meilleurs**. Si on prend les jeux comme les échecs ou maintenant le jeu de Go, c'est maintenant dominé par les machines, mais c'est en partie dû à la puissance de calcul ou à la façon de faire. Tout à l'heure, je parlais d'assistants de navigation GPS. **Trouver le chemin le plus court, c'est beaucoup de calculs. Or, la machine fait ça comme « ça »** (REM. Il claque des doigts). Il fait ça rapidement, ça prend de la mémoire, on connaît les valeurs exactes. Nous les humains, si on a à choisir un chemin, on y va un peu par intuition. Ça fonctionne assez bien quand même, mais ce n'est pas parfait. **Donc, on ne trouvera pas le chemin nécessairement optimal**. Il va être peut-être un peu plus long, mais on y va de façon intuitive. C'est radicalement différent comme approche. (Manuel T. informaticien)

Au final, IA et humain se complète-t-il : « On pouvait dire que c'était comme deux familles d'approche, mais qui ne sont pas capables de résoudre tous les problèmes que l'on a. » (Manuel T. informaticien) ? Dans ce cas, « tous les problèmes que l'on a » réfèrent à des problèmes de recherche aussi bien que des problèmes courant de la vie quotidienne et transformés en question de recherche. En outre, il y a autant d'algorithmes qu'il y a de problèmes : « Ce que l'on arrive à faire en IA, c'est des trucs très précis. Aussitôt que l'on change un peu le problème, la méthode doit être réadaptée. » (Manuel T. informaticien), une question que nous aborderons plus tard à propos de la fragmentation des espaces-temps de l'IA (chap. 7).

Ultimement, la naturalisation de la catégorie « problème » parachève son aspect totalisant :

Historiquement, comme on ne savait pas comment s'y prendre pour résoudre des problèmes, **on s'est inspiré beaucoup de méthodes de la nature**, en biologie. C'est pourquoi les approches que l'on dise **connexionnistes ou bio-inspirées** ... les approches **génétiques** sont un peu différentes. **On a regardé comment la nature a résolu certains problèmes**, puis on s'en est inspirée. Dans le fond, **on a créé des programmes artificiels** qui refont sensiblement la même chose. (Manuel T, informaticien)

La recherche en modèle ML est une pratique de résolution de problèmes, mais qui portent désormais sur le savoir ordinaire de sorte que l'objet du modèle ML consiste en des situations définies au sens de personnes en train d'agir à un moment et dans un lieu précis (chap. 4, 7). Cette opération de quantification selon Desrosière sert à « exprimer et faire exister sous une forme

numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres<sup>292</sup> ». Il reste à savoir comment.

## **Le modèle ML : une opération de découpage de son objet**

Cette section aborde le cœur de l'IA contemporaine. L'objet du modèle peut être la situation elle-même à modéliser telle qu'une personne en train de naviguer sur un site web, deux personnes en train de converser aussi bien qu'un objet ou un être vivant tel qu'un chat ou une fleur et détaché techniquement des situations dans lesquelles il s'insère.

### **La place des mathématiques<sup>293</sup>**

Commençons par un exemple simple. Un article de 2006<sup>294</sup> publié dans la revue « Aquacultural engineering » propose de confronter l'approche neuronale à celle de fonctions non linéaires bien connues dans le cadre de la variable dépendante « croissance de la crevette » exprimée en termes de masse au regard de plusieurs attributs parmi lesquels la température de l'eau et la quantité de nourriture absorbée. La discussion des résultats quoique brève dans l'article souligne le caractère original du lien de dépendance entre variables engendré par le réseau de neurones. À l'instar des autres approches telles que celle des algorithmes reposant sur les arbres de décision, les attributs encore appelés propriétés ou variables définies au départ se retrouve articulés par une mise en relation mathématique. Ces liens, non pas posés à priori par une fonction mathématique dont il s'agirait de montrer la pertinence telle que le ferait la statistique classique, deviennent selon les chercheurs ceux qui établissent la valeur probable la plus précise de la croissance de la crevette.

Cet exemple illustre la position de Léo Breinam et montre la parenté de l'approche algorithmique avec la statistique classique. Le chercheur étudiant Diego Z. résume cette mise en lien d'éléments disparates et appelés variables ou attributs :

---

<sup>292</sup> Desrosières, *Pour une sociologie ...*, *Op. cit.*, p. 10.

<sup>293</sup> Ce point est revu en détail dans le chapitre 6 à propos des propriétés de la connaissance sujette à débat dans le milieu informatique.

<sup>294</sup> Run Yu, PingSun Leung, et Paul Bienfang, « Predicting Shrimp Growth: Artificial Neural Network versus Nonlinear Regression Models », *Aquacultural Engineering* 34, n° 1 (2006): 26-32.

Tandis que moi, je vois à quel point l'IA peut reconnaître des **patrons** dans les données, faire **certaines associations dont un humain est incapable**, car les données sont trop abstraites ou il y en a trop ou alors que l'on est incapable de représenter mathématiquement [les autres fonctions non linéaires auxquelles était comparé le résultat de l'algorithme neuronal dans l'exemple de la crevette]. Ça, c'est une notion relativement importante. **Si on était capable de représenter ça mathématiquement parfaitement, on n'aurait pas besoin d'une IA.** Il y a tellement de données, c'est tellement gros, que l'on n'est pas capable de représenter mathématiquement et on dit alors que l'on va appliquer l'IA dessus, parce que **ça va être capable d'apprendre la relation mathématique** [ce que j'appelle la mise en lien] que nous on n'est pas capable de définir ou une relation mathématique qui a l'air de fonctionner, mais que nous ne sommes pas capables de définir [car il s'agit effectivement de relations mathématiques et non d'une seule fonction  $y=f(x)$  comme résultat final]. (Diego Z., doctorant en informatique).

On remarque que l'IA est conçue aujourd'hui de facto non plus comme une équation, mais comme ensemble de liens mathématiques. Ce point reviendra souvent sans que les chercheurs travaillent nécessairement sur les réseaux neuronaux. À ce niveau, le chapitre 6 montrera la difficulté à concilier les propriétés du « vrai » et du « démontré ». En attendant, cette fameuse intelligence « neuronale » ou « apprentissage profond » encensée dans les journaux grands publics se ramène prosaïquement à des mathématiques :

L'idée que je défends derrière est qu'au final, un réseau de neurones, si on ne prend pas la rétropropagation en tant que telle, c'est juste un truc qui peut **approximer n'importe quelle fonction qu'il veut** (Jessica M., étudiante à la maîtrise en informatique)

Il y a eu récemment de très beaux papiers pour dire « c'est quoi nos outils mathématiques en IA ? ». Il y en a plein. Ce n'est pas de la magie. On sait exactement ce que cela fait dans les maths. **C'est juste que nous ne sommes pas capables d'avoir les chiffres, de comprendre les chiffres qui sont derrière. C'est la partie « compréhension du sens ».** Cependant, la partie « optimisation », « pourquoi cela fait un minimum local ? » « Pourquoi il peut approximer n'importe quelle fonction ? », le théorème de l'approximateur universel a été démontré dans les années 1990. On sait que c'est vrai, que c'est une démonstration mathématique. Ce n'est plus de la conjecture. On sait que ça approxime n'importe quoi. On sait que ça fait ça. (Jessica M., étudiante à la maîtrise en informatique)

La définition de variables en entrée suppose des connaissances à priori sur la situation étudiée. Elle découpe son objet d'étude, la croissance d'une crevette, en un nombre fini de variables tel que le font les banques et les compagnies d'assurances à propos de la situation financière ou de la santé de leurs clients. Ces connaissances savantes et professionnelles de la biologie, de la finance ou de la santé entre autres domaines ont été jusqu'à récemment les seules



mises en forme par la statistique et l'algorithmique. Qu'en est-il de notre vie mise en images et en sons par les téléphones, les appareils photo, les conversations en ligne et les publications diverses sur des canaux généralistes tels que YouTube ? À la mise en lien automatisée d'attributs définis d'avance par un étiquetage méthodique des images et des textes, s'ajoute la création d'attributs pour du contenu similaire et par l'approche neuronale, un découpage du réel présent dans les couches dites « cachées » du montage mathématique :

Au départ quand les gens faisaient des réseaux de neurones, tu avais une couche d'entrée, les inputs, les données que tu rentres. Puis il y a une couche cachée qui va mathématiquement apprendre, mais quand elle a fini d'apprendre c'est un peu la boîte noire. Elle est cachée, tu la comprends plus ou moins. Tu codes une fonction mathématique qui apprend puis tu as ton output. (Diego Z., doctorant en informatique).

La multiplication des couches cachées permet celle des attributs :

[...] ils se sont rendu compte qu'ils étaient capables d'apprendre davantage, plus vite des « features » différents. Ils se sont même rendu compte qu'il y avait toutes sortes de techniques pour aider à cette généralisation-là dont je parlais tantôt qui fait que l'on commence à être davantage sûr que l'algorithme a appris des choses intéressantes. C'est ça, ils se sont rendu compte qu'en faisant ça, ça améliorait les apprentissages, ça améliorait les résultats, ça améliorait un peu tout. (Diego Z., doctorant en informatique).

### **L'apprentissage contemporain : le « representation Learning »**

En introduction, j'avais souligné ce passage au tournant des années 1980 de l'intelligence conçue comme une aptitude à raisonner selon la symbolisation mathématique précise de la logique à l'intelligence associée à la capacité d'apprendre. Je dois nuancer, car durant ces mêmes années, une 3<sup>e</sup> étape est franchie. L'apprentissage ne consiste plus seulement à établir des liens entre propriétés posées à priori, mais aussi à créer ces propriétés. Yann LeCun, Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton précisent :

Conventional machine-learning techniques were limited in their ability to process **natural data** in their **raw form**. For decades, constructing a pattern-recognition or machine-learning system required careful engineering and **considerable domain expertise** to design a **feature extractor** that transformed the raw data (such as the pixel values of an image) into a suitable internal representation or feature vector from

which the learning subsystem, often a classifier, could detect or classify patterns in the input<sup>295</sup>.

Ces données « naturelles » sont pour un sociologue cette connaissance ordinaire désormais formalisée. Apprendre ne se résume plus à manipuler les propriétés existantes de la connaissance et mise en forme par des spécialistes. Apprendre consiste à créer de toutes pièces des propriétés. Les informaticiens utilisent le verbe « découvrir ». Or, ce terme suppose que les propriétés existent, en attente d'être mise en liens alors que de l'aveu même des professionnels, on ne sait pas vraiment ce que sont ces attributs.

De la création de liens à la création de « features » (« Learned features<sup>296</sup> »), équivalent de variables en mathématiques, émerge ainsi le « représentation learning », une branche du « machine learning » :

Representation learning is a set of methods that allows a machine to be fed with **raw data** and **to automatically discover the representations** needed for detection or classification. **Deep-learning methods are representation-learning methods** with multiple levels of representation, obtained by composing simple but non-linear modules that each transform the representation at **one level (starting with the raw input) into a representation at a higher, slightly more abstract level**. With the composition of enough such transformations, very complex functions can be learned<sup>297</sup>.

Le mot « représentation » évoque de manière trompeuse une approche cantonnée à la vision, car il est vrai que l'application principale réside dans l'analyse d'images. Toutefois, le champ de la linguistique est tout aussi concerné :

Aussi, on développait des techniques pour aligner les mots. Une fois les mots alignés, on peut construire des dictionnaires probabilistes où tel mot est traduit avec telle probabilité. Puis cela est utilisé pour faire de la traduction automatique. L'alignement est un problème de prédiction structurelle, puisque l'input est une paire de phrases et le output était un appariement, soit un objet combinatoire compliqué. Et justement, on avait développé des algorithmes pour faire ça. Maintenant, depuis deux ans, ils n'ont plus besoin de faire de l'alignement de manière explicite. (Alena F., informaticienne)

Comme toute discipline, les frontières de l'IA sont floues. Est-ce que la reconnaissance des formes, la reconnaissance de la parole, de l'écriture, est-ce un domaine qui fait ou

---

<sup>295</sup> Yann Lecun, Yoshua Bengio, et Geoffrey Hinton, « Deep Learning », *Nature* 521 (2015): 436-444., p. 436.

<sup>296</sup> Ibid., p. 436.

<sup>297</sup> Ibid., p. 436.

non parti de l'IA ? Les réponses varient, ce que l'on peut remarquer est que les techniques d'IA comme les réseaux de neurones sont de plus en plus employées en reconnaissance des formes et elles marchent de mieux en mieux. (Sandra S., informaticienne)

La « représentation » de la situation (ex. deux personnes discutent) ou de l'objet saisi sont dans le vocabulaire du sociologue une « configuration » à la différence près que leurs aspects multiples (les attributs ou variables) demeurent inconnus chez les informaticiens, mais qui, à l'instar du concept de configuration ou morphologie sociale en sociologie, inclus, du moins on peut le supposer, des propriétés sur l'espace (une topologie), sur le moment (le temps) et sur divers liens entre objets et êtres, sans expliciter les règles non mathématiques de leur constitution, tout en produisant dans de nombreux cas un résultat auquel l'utilisateur peut donner un sens et agir. Cette perspective sur « l'intelligence » aussi artificielle soit-elle n'est pas sans rappeler la « physique naïve », une représentation qui vise la manipulation pourrait-on dire ou l'intervention grâce à la formalisation des traces de « raisonnements de sens commun au sujet du monde naturel<sup>298</sup> ». Ceci nous amène à détailler l'approche neuronale.

## **L'apprentissage au centre du modèle ML : le cas de l'approche neuronale**

« IA 101 – Introduction à l'apprentissage profond » est le titre du cours mis en ligne par l'institut IVADO dans le cadre du MOOC (Massive Open Online Courses)<sup>299</sup>. Commençons par deux remarques sur ce cours.

### **Remarques préliminaires**

Ce cours témoigne de la prégnance de l'apprentissage profond au sein de la recherche sur l'apprentissage machine à Montréal. Assuré par deux institutions connues du milieu universitaire, l'IVADO est un acteur important à Montréal en matière de recherche sur le traitement des

---

<sup>298</sup> Une réflexion sur l'ontologie de Livet et Nef et illustrée par l'ontologie des liquides, un exemple de « modèles multiples du raisonnement qualitatif dans le domaine des systèmes physiques ». Livet et Nef, *Op. cit.*, p. 48.

<sup>299</sup> Edulib IVADO, *Op. cit.*

données ainsi que l'organisation sans but lucratif MOOC<sup>300</sup>, une initiative mondiale sur l'accessibilité du savoir.

Ensuite, le titre du cours assimile l'intelligence artificielle à l'apprentissage profond, point auquel fait écho un des chercheurs que nous avons interrogés lors de notre enquête :

J'admire beaucoup ce qu'ils font au MILA, mais c'est plus théorique, plus pur, au niveau de l'intelligence artificielle. Ils veulent vraiment essayer de découvrir des nouvelles méthodes, des nouveaux algorithmes pour faire un paquet de choses, mais dans le but éventuel d'avoir une vraie notion d'intelligence, d'aller chercher quelque chose plus général (Diego Z., étudiant au doctorat)

De fait, l'expression idiomatique américaine « 101 » renforce cette assimilation en désignant l'apprentissage profond, une approche parmi d'autres comme la connaissance de base à maîtriser quand on parle d'intelligence artificielle.

L'apprentissage profond consiste à établir des liens entre de supposées propriétés d'un objet ou d'une situation. La fameuse opacité de l'algorithme se ramène à la nature de ces propriétés, des liens entre elles ou bien des deux. Quand bien même les propriétés existeraient-elle aux yeux d'un être humain parce qu'il les a prédéfinies en entrée, celui-ci aurait-il créé les mêmes rapports entre elles ? Aussi, je désire mettre en évidence ce premier niveau normatif, le découpage mathématique du « réel » par cette boîte pas tout à fait noire comme le dit le chercheur Yoshua Bengio.

## Principe

Partons de la définition générale d'un réseau neuronal :

Neural networks (NN) have shown to be very promising **supervised tools** for modeling complex **nonlinear relationship**. **NN** are designed to deal with **both regression and classification tasks**. This, especially in situations where one is confronted with **a lack of domain knowledge** [chap. 6] as **universal approximators** they can significantly improve **predictive accuracy** of an inference model<sup>301</sup>.

Prenons en exemple la captation d'un objet quelconque. Elle consiste en une numérisation sous la forme de pixels, ce nom donné au codage binaire en 8, 16, 64, 128 ou 256 bits (0 et 1) de

---

<sup>300</sup> MOOC, « Massive Open Online Courses (MOOCs) », 2020, <https://www.mooc.org/>.

<sup>301</sup> Bart Baesens et al., « Bayesian Neural Network Learning for Repeat Purchase Modelling in Direct Marketing », *European Journal of Operational Research* 138, n° 1 (2002): 191-211, p. 195.

l'unité élémentaire d'une image. Cette première étape de fragmentation d'un objet réel en pixels sert de donnée d'entrée à l'algorithme. Le code informatique prévoit de répartir ces signaux électriques parmi un certain nombre de « neurones ». Le neurone est une fonction mathématique, souvent une sigmoïde qui prend une infinité de valeurs comprises entre 0 et 1<sup>302</sup>. Chaque fonction sigmoïde ou neurone articule les signaux avec des paramètres  $m_i$ , une mise en équation des signaux d'entrée (voir image 1). Les attributs ou propriétés de l'objet à modéliser sont autant les signaux électriques que leur mise rapport par les paramètres à calculer ainsi que leur mise en équation dans la fonction sigmoïde et enfin, l'ensemble des neurones d'une couche donnée. Or, cette dernière et plus précisément chacun des neurones la constituant sert d'entrée à la couche suivante (Image 2), c'est-à-dire à chacun des neurones suivants. Autrement dit, chaque équation d'une équation de signaux donne lieu à une valeur d'entrée pour chaque neurone ou équation sigmoïde suivante. Un modèle ML peut contenir des dizaines de couches. On empile ainsi les résultats d'équations dans d'autres équations, puis dans les équations suivantes, etc.

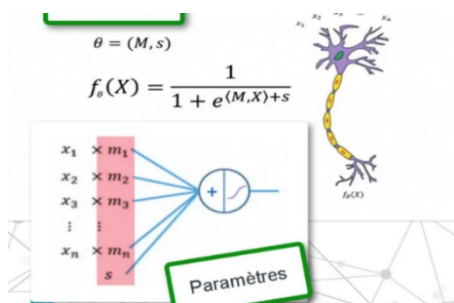


Image 1<sup>303</sup>.

<sup>302</sup> Par exemple, Geoffrey I. Hinton utilisait en 1989, une fonction logistique pour représenter des états continus en 0 et 1. Geoffrey Hinton, « Les procédures d'apprentissage connexionnistes », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cepadues-Editions, 1993).

<sup>303</sup> Edulib IVADO, *Op. cit*

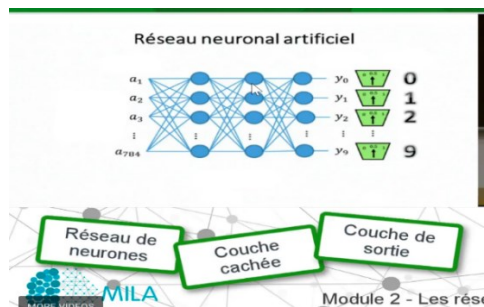


Image 2<sup>304</sup>.

On imagine d’ores et déjà la puissance de calcul exigée par un tel échafaudage mathématique. L'espace social formé par l’usage des modèles ML est bel et bien « matériel » au sens où le conteste l'inanité d'un discours sur la dématérialisation de notre quotidien. Les téléphones, les voitures et tout objet dit « intelligent » délèguent tout ou partie de ces calculs à des machines de tailles conséquentes, gourmandes en courant électrique et situées dans des bâtiments réfrigérés, réparties dans divers pays, joignables par relais filaire ou non, mobilisant des câbles transcontinentaux sous terrain, marin<sup>305</sup> et des réseaux de satellites<sup>306</sup>.

### **Apprendre, c'est modélisé**

Dans le module 1, toujours selon Alain Tapp, enseignant pour le module d'introduction, « on va essayer vraiment de modéliser l'ensemble de données, on va essayer d'apprendre les caractéristiques de notre ensemble de données ». Ces caractéristiques sont les propriétés de l'objet étudié. Didactique, le chercheur part d'un exemple simple, « un apprentissage statistique assez naïf » sur lequel se fonde cependant le principe de fonctionnement de l'apprentissage profond. Une équation du type «  $4000 \times \text{âge} + 1 \times \text{salaire} > 340\,000$  » se comprend de la façon suivante et en soi, il n'y a rien de nouveau pour qui fait de l'analyse statistique en sciences sociales. « Âge » et « Salaire » sont les propriétés, encore dénommées dimensions ou caractéristiques et articulées par les paramètres « 4000 » et « 1 ». L'équation en tant que telle

<sup>304</sup> Ibid.

<sup>305</sup> Un aperçu concis est l'émission sur Arte : Arte, *Câbles sous marins : la guerre invisible* (Arte, 2018), Youtube.com.

<sup>306</sup> Citons en exemple la société du milliardaire Elon Musk et filiale de Space X qui prévoit de lancer plusieurs milliers de satellites en basse altitude (550 km) pour assurer « access the internet across the globe ». Starlink, « Starlink », 2020, <https://www.starlink.com/>.

est le modèle et le modèle est une généralisation, car il permet d'étudier de nouveaux cas, en l'occurrence savoir si un client fera ou non défaut sur son prêt hypothécaire. Cette équation est une « loi » et la précision du résultat se mesure par un taux d'erreur qu'il s'agit de minimiser. Alain Tapp dira alors « J'ai appris quelque chose, j'ai modélisé ce qui se passe ».

### **Apprendre, c'est généraliser**

Les trois chercheurs de ce cours ne donnent pas de définition formelle de l'apprentissage. L'opération de découpage au niveau de l'objet en signaux combinés par des paramètres à calculer, et ce par chaque neurone de chaque couche, sa « représentation interne » si l'on peut dire vise l'identification de ce qui est soumis à l'algorithme, et ce, à partir de milliers voire de millions d'exemples où la réponse finale est donnée d'avance.

Cet apprentissage dit « supervisé » n'est qu'une étape intermédiaire pour arriver à l'apprentissage recherché et dans ce cas retrouver l'objet parmi des images qui ne font pas partie de l'ensemble de données d'apprentissage. L'opération de classement à l'usage et possible sur la base d'un montage mathématique de caractéristiques créées et corrélées consiste à déceler l'objet parmi d'autres dans une mise en scène nouvelle. Ceci fait dire aux chercheurs que l'algorithme a appris. La vision par ordinateur est un exemple où comme le citent les chercheurs il faut distinguer une fraise d'une chaise en forme de fraise ou bien trouver le sujet principal dans l'image.

En fait, apprendre est étroitement associé à l'idée de généralisation. La notion de schéma prend alors tout son sens dans ce que Jean De Munck décrit comme le passage du cas particulier à des cas semblables selon la « théorie des prototypes » issue des sciences cognitives et du courant connexionniste. Bien entendu, tout est dans le mot « semblable », différent, mais pas trop. La généralisation connaît des gradations. Créer du nouveau contenu est l'une d'entre elles. Des traits similaires entre pommes et oranges autorisent la création d'un fruit inédit, d'un cheval transformé en zèbre ou d'une personne rajeunie. Poussée encore plus loin, la généralisation consiste pour un algorithme destiné à la reconnaissance visuelle, de jouer au Go avec très peu de modifications.

Ultimement, selon les mots d'Alain Tapp, le défi se présente quand « on a de l'interactivité », « chaque conversation est unique d'une certaine façon », « on ne va pas avoir de répétition pour que le système puisse apprendre ». Le non interactif est le fait qu'un « x » donne toujours « y » et qu'avec « une tonne d'exemples x, y », on puisse « attaquer les problèmes ». Avec ce point, nous en arrivons au « pattern ».

### **Apprendre, c'est découvrir un « patron »**

« Répétition » et « unique » renvoie à la possibilité de généraliser et à la certitude qui l'accompagne ainsi qu'à son contraire. L'identification des routines est centrale dans l'analyse automatisée des conduites et l'intervention du modèle ML au sein de celles-ci (chap. 7). Le « défi » que tentent de relever les chercheurs est de concilier la flexibilité propre à tout schéma tout en ayant une rigidité suffisante pour réduire l'erreur. Imaginons un instant le découpage de la conduite d'une personne en matière financière selon les deux propriétés « âge » et « salaire » par un réseau neuronal : c'est le « patron » (« pattern »), un rapport constant, mais ajustable à l'usage par l'arrivée de nouvelles données entre ces deux variables. Il rendrait compte de la conduite (ici défaut de paiement ou non). Le pattern se ramènerait au modèle mathématique présenté plus haut, mais cette fois-ci sans équation, puisqu'élaboré par un réseau neuronal.

Le travail des chercheurs consiste à moduler la valeur des paramètres qui articulent le découpage pris en charge par chaque neurone ou si l'on veut par sa fonction sigmoïde. D'un point de vue mathématique, les chercheurs se concentrent sur la diminution de l'écart appelé « distance » entre le résultat final et le résultat attendu. La technique employée est dénommée « rétropropagation par gradient ». Il s'agit malgré tout d'un ajustement par essais-erreurs selon ce que j'en comprends et qui repose sur l'expérience des chercheurs. Jouer sur ces paramètres également appelés « poids » revient en pratique à relativiser l'importance de chaque propriété ou fragment de l'objet étudié : est-ce que l'âge est plus important que le salaire ou l'inverse ? Un chercheur précise que le concept de poids est une analogie du poids synaptique ; nul besoin de faire des études en neurosciences pour travailler sur des réseaux neuronaux informatiques. En fin de compte, si apprendre revient à trouver le bon « pattern », celui-ci se ramène à établir « les meilleurs paramètres », soit un travail « d'optimisation » selon Nicolas Le Roux (Module 5).



## Apprendre, c'est « produire de bonnes représentations »

Dans le module 3, Yoshua Bengio explique que l'objet d'entrée, connu des êtres humains, a un sens pour ceux-ci. De même la sortie telle qu'une « catégorie » ou une « prédiction » sera interprétable, « la sémantique pour les humains est claire » dit-il. Les couches cachées ou « couches intermédiaires » sont autant de « représentations » où « il se passe quelque chose qui est laissé libre à l'apprentissage pour apprendre la fonction qu'on lui demande ». Cette fonction qui à vrai dire n'en n'ai pas au final, est, rappelons-le, le réseau lui-même, une combinaison non linéaire de propriétés inconnues et articulées par des paramètres ou poids. Aussi, « l'interprétation n'est pas évidente. La boîte n'est pas vraiment noire, mais seulement difficile à interpréter dans le détail ». En effet, il n'y a pas contrairement à l'approche statistique critiquée par Breiman de fonction finale avec paramètres et variables interprétables par le chercheur. La multiplication des couches correspond à celle des représentations intermédiaires qui affinent la représentation finale de l'objet. Inutile de connaître le domaine étudié pour en produire la bonne représentation explique le chercheur. Le réseau neuronal automatise sa production.

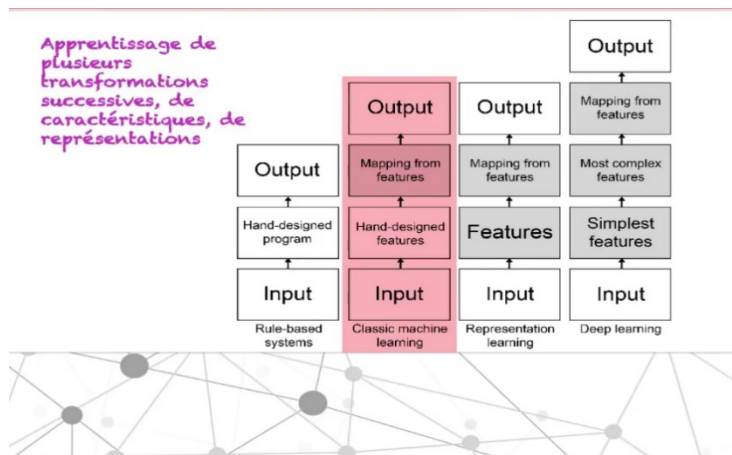


Image 3<sup>307</sup>

Rappelons qu'en entrée, les chercheurs fournissent des données telles qu'une image. Les couches sont organisées par degré croissant d'abstraction. Cette hiérarchie n'est pas fixée

<sup>307</sup> Edulib IVADO, *Op. cit*

techniquement, elle « existe de manière naturelle » et « on espère que la machine va la découvrir toute seule ». Citons à nouveau LeCun et ses collègues :

An image, for example, comes in the form of an array of pixel values, and the learned features in the first layer of representation typically represent the presence or absence of edges at particular orientations and locations in the image. The second layer typically detects motifs by spotting particular arrangements of edges, regardless of small variations in the edge positions. The third layer may assemble motifs into larger combinations that correspond to parts of familiar objects, and subsequent layers would detect objects as combinations of these parts. The key aspect of deep learning is that **these layers of features are not designed by human engineers: they are learned from data using a general-purpose learning procedure**<sup>308</sup>..

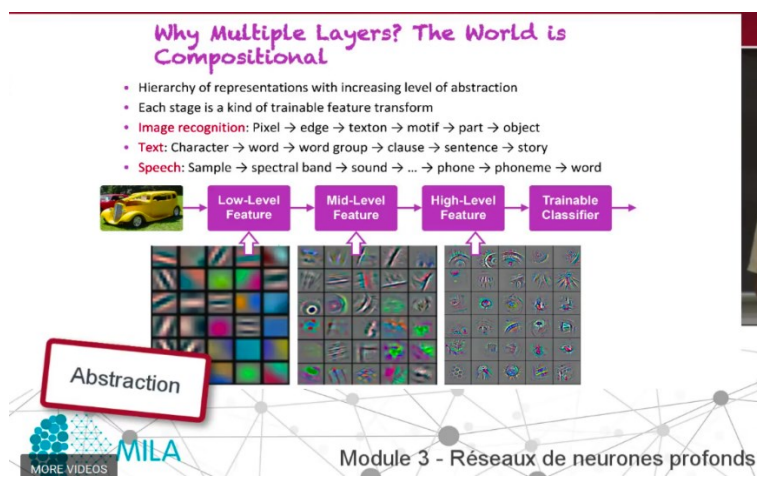


Image 4<sup>309</sup>

<sup>308</sup> Lecun et Al., *Op. Cit.*,

<sup>309</sup> Edulib IVADO, *Op. cit*

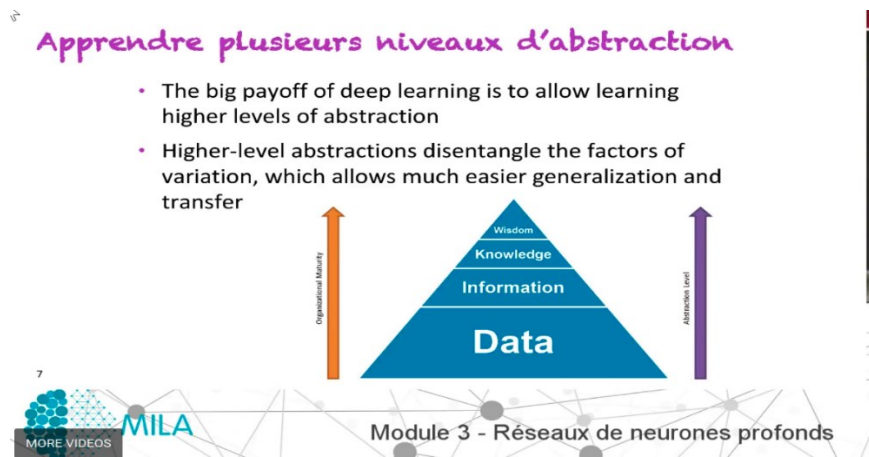


Image 5. (Edulib IVADO 2018)

Le chercheur de la présentation résume bien le lien entre abstraction et généralisation dans ce paragraphe :

Plus on pousse l'abstraction, plus on peut généraliser et généraliser est le cœur de ce que l'on veut faire. On ne veut pas apprendre par cœur. Toutefois, pour que la machine puisse travailler sur de nouveaux cas, c'est mieux si elle a bâti des abstractions qui restent appropriées dans un vaste domaine d'exemples, de configurations de données. Nous n'avons pas une définition mathématique de ce qui est abstrait ou non.

Les autres méthodes d'apprentissage telles que le Support Vector Machine (SVM) concède au nom de la clarté leur capacité à généraliser en ne construisant pas de représentations intermédiaires. Quoique définir une « bonne représentation » ne soit pas facile de l'aveu de Bengio, nous pouvons dire qu'elle facilite « ces autres tâches qui sont plus sémantiques ». Une bonne représentation classe, prédit, segmente, produit une phrase en langage naturel qui décrit le contenu d'une image. Toutefois, le chercheur rappelle que la conception informatique de l'apprentissage ne se compare pas à celle de l'être humain : « Il n'est certainement pas comme l'apprentissage de l'entièreté d'une personne ».

Dans ce cas, que devient alors le modèle ML une fois en service auprès des usagers ? Comment cette opération de généralisation sous la forme d'un « pattern » acquiert-il sa dimension sociale ? Dans les chapitres suivants, j'approfondirai l'opération de mise en nombres de cette « général-purpose learning procedure », une forme fixe pour un contenu varié (chap. 4). Elle enrôle l'être humain dans une chaîne de production d'un résultat et au sein de laquelle les chercheurs de notre terrain distinguent les données, les informations et les connaissances (chap.

5). La façon dont le modèle ML devient le référent (chap. 4) après avoir pris le monde comme référence (chap. 5) soulève la question de son statut épistémologique comme règle, sa flexibilité ou son ouverture à de nouveaux apprentissages de chacun et de tous (chap. 4, 5, 7, 8).

## Chapitre 4. Le modèle ML, un tiers médiateur technicisé

Les algorithmes sont « normatifs » et « biaisés » dit-on fréquemment, notamment dans plusieurs conférences auxquelles j'ai assisté. Dans quelle mesure les savoirs maîtrisés par les différents corps professionnels et intégrés dans l'élaboration de leurs artefacts, acquièrent-ils leur dimension normative ? Le chapitre 5 tentera d'apporter une réponse. Sa dimension institutionnelle (l'aspect normatif<sup>310</sup>) se rapporte à la reconnaissance publique du modèle ML par sa diffusion dans les objets (ex. une automobile), les services professionnels et les services du quotidien (ex. services bancaires). Cette mise en production du modèle est en soi une opération de validation collective, c'est-à-dire de discussion, de remise en question et d'accords ou désaccords sur le sens.

Dans ce chapitre, j'envisagerai les algorithmes sous l'angle de la règle. Si De Munck, qualifiait l'IA classique de « modèle de la règle<sup>311</sup> », la formalisation technique d'un objet ou d'une situation par le modèle ML se ramène également à une règle à l'usage. La règle est la référence pour l'action et l'objectif assigné par ses concepteurs lui confère son sens. Plutôt que de postuler une conduite entièrement conditionnée par le modèle ML, je saisirai l'expérience de l'utilisateur lambda à la lumière de l'articulation entre l'apprentissage machine et l'apprentissage humain selon la perspective de Maurice Halbwachs et Jean De Munck. Le passage d'une situation à l'autre et la reconnaissance collective repose sur le concept sociologique de « mémoire sociale » ou « tiers médiateur », mémoires des expériences des utilisateurs remises en jeu dans les expériences ultérieures tel que l'explique Paul Sabourin. Cette mémoire sociale est un rapport entre une forme et un contenu d'expérience, à la fois un ensemble d'opérations de composition et de transformation des savoirs et une connaissance régulatrice des conduites. En somme, comment les actions des usagers intègrent-elles le modèle ML ?

À l'échelle d'un individu, le modèle ML guide ses actions par une opération de médiation technique avec d'autres utilisateurs. Cette médiation soulève la question du rapport du modèle

---

<sup>310</sup> Voir cadre théorique.

<sup>311</sup> De Munck, *Op. cit.*

à la réalité. Le couple règle\cas formé lors de l'apprentissage à partir de plusieurs milliers d'exemplaires n'accède jamais à la compétence dans l'usage. Prise en charge par l'être humain, elle m'amène à présenter le concept d'incomplétude de la règle face à un modèle ML construit sur l'idée de la « complétude sociale<sup>312</sup> ». Cependant, avant d'en arriver à la description de cet espace social, je présenterai le raisonnement qui assure ce passage de la discipline informatique à la sociologie. D'une part, la notion de « state of the world » correspond grosso modo à la notion de « situation » en sociologie. Il nous éclaire sur l'objet saisi et modélisé. Cette situation se reconstitue en un espace technique grâce à une opération de découpage qui préside aux opérations de mise en liens de « variables » et que j'examinais au chapitre précédent. D'autre part, le concept de « mémoire sociale technicisée » sera l'objectivation sociologique que je ferai du modèle ML.

## **Le pendant de la « situation » : « state of the world »**

The “state of the world” est un état des lieux en termes d'espace, de temps, d'objets et de personnes :

Compare the simple state description we have chosen, (In Arad), to an actual crosscountry trip, where the state of the world includes so many things: the traveling companions, the current radio program, the scenery out of the window, the proximity of law enforcement officers, the distance to the next rest stop, the condition of the road, the weather, and so on<sup>313</sup>.

Si cet « état du monde » est la connaissance préalable, donnée au départ<sup>314</sup>, il dépeint également un ensemble d'actions en train de se dérouler :

Current filtering and perception algorithms can be combined to do a reasonable job of reporting low-level predicates such as "the cup is on the table." Detecting higher-level actions, such as "Dr. Russell is having a cup of tea with Dr. Norvig while discussing plans for next week," is more difficult. Currently it can be done (see Figure 24.25 on page 961) only with the help of annotated examples<sup>315</sup>.

---

<sup>312</sup> Nous reviendrons plus loin sur ce que Pierre Livet nomme le « paradigme de l'incomplétude ». Livet, *Op. cit.*, p. 256.

<sup>313</sup> Norvig et Russel, *Op. cit.*, p. 69

<sup>314</sup> E. Stepp in Kodratoff tome 2 1993, *Op. cit.*, p. 388 et suivantes

<sup>315</sup> Norvig et Russel, *Op. cit.*, p. 1045

Cet « état du monde » se rapproche d'une « situation » en sociologie. Le modèle ML prend entre autres choses pour sujet d'étude les interactions en situation où entre en jeu l'importance de l'interprétation des usagers et de la répétition (chap.7), des « sujets dont l'action est toujours médiatisée par l'interprétation qu'ils donnent de la situation où ils sont insérés<sup>316</sup> ». Dans le chapitre 7, nous reparlerons de la place de cette sociologie « implicite », une proximité avec l'interactionnisme symbolique de Blumer.

Sous le vocable de « discret » ou « continue », « statique » ou « dynamique », « épisodique » ou « séquentiel », Norvig et Russell présentent une typologie des situations dans lesquelles s'inscrivent les actions des agents :

As one might expect, the hardest case is partially observable, multiagent, stochastic, sequential, dynamic, continuous, and unknown. Taxi driving is hard in all these senses, except that for the most part the driver's environment is known. Driving a rented car in a new country with unfamiliar geography and traffic laws is a lot more exciting<sup>317</sup>. (Norvig Russell 2010 : p. 44)

Chess and taxi driving are sequential: in both cases, short-term actions can have long-term consequences<sup>318</sup>.

If the environment can change while an agent is deliberating, then we say the environment is dynamic for that agent; otherwise, it is static<sup>319</sup>.

The discrete/continuous distinction applies to the state of the environment, to the way time is handled, and to the percepts and actions of the agent. ... Taxi driving is a continuous-state and continuous-time problem: the speed and location of the taxi and of the other vehicles sweep through a range of continuous values and do so smoothly over time. Taxi-driving actions are also continuous (steering angles, etc.)<sup>320</sup>.

Techniquement, le micromonde contient l'idée d'un inventaire des choses et des personnes qui le peuple ainsi qu'une mise en lien de celles-ci que j'analyserai au chapitre 7 comme le témoignage d'une vision processuelle limitée de la vie sociale :

For many purposes, we need to understand the world **as having things in it that are related to each other, not just variables with values**. For example, we might notice that a large truck ahead of us is reversing into the driveway of a dairy farm but a cow

---

<sup>316</sup> Berthelot, Sociologie, épistémologie ..., Op. cit., p. 71. Critique du behaviorisme par l'école de Chicago (le courant de l'interactionnisme symbolique).

<sup>317</sup> Norvig et Russel, *Op. cit.*, p. 44

<sup>318</sup> Ibid. p. 44.

<sup>319</sup> Ibid. p. 44.

<sup>320</sup> Ibid. p. 44.

has got loose and is blocking the truck's path. A factored representation is unlikely to be pre-equipped with the attribute `truckAheadBackingIntoDairyFarrnDrivewayBlockedByLooseCow` value true or false. Instead, we would **need a structured representation, in which objects such as cows and trucks and their various and varying relationships can be described explicitly**<sup>321</sup>.

Cet état du monde est toujours incomplet. Il est observable ou partiellement observable<sup>322</sup>. Aussi, il existe un ensemble de mondes possibles appelé « belief state », l'équivalent d'une hypothèse et de l'incertitude qui l'accompagne<sup>323</sup>. Le modèle ML devient une méta représentation complète techniquement, car prête à l'usage à un moment donné et pour une certaine durée (rythme de mise à jour du modèle) de plusieurs représentations (« structured representations<sup>324</sup> ») qui elles, sont toujours partielles à l'origine. Cette représentation finale vise l'intervention :

« Problem formulation is the process of deciding what actions and states to consider given a goal<sup>325</sup> ».

## **Le modèle ML, une mémoire sociale technicisée**

Tout objet technique résulte de la réflexion d'un groupe de spécialistes avec son lexique, ses connaissances savantes et ordinaires empruntées à diverses disciplines et à l'expérience de vie de chacun. Les entretiens montrent l'articulation de ces savoirs en des raisonnements reconnus par leurs collègues à travers le travail collectif d'écriture d'articles, de conférences et par le sentiment d'appartenir, pour certains d'entre eux du moins à un ensemble social plus grand que l'entourage immédiat. Jean G. nous expliquera que sa perspective sur l'IA « ... est partagée par tous mes pairs que je rencontre dans les conférences. Oui, bien sûr. Maintenant, je te l'ai dit, la plus grande conférence d'IA, c'est IJCAI<sup>326</sup> » Paul S. se reconnaît dans l'ensemble des gens œuvrant en « Machine Learning ».

En outre, ingénieurs et informaticiens présentent leur point de vue à travers d'autres ensembles sociaux, les tiers médiateurs de la compréhension de leur travail et des rapports avec

---

<sup>321</sup> Ibid. p. 58.

<sup>322</sup> Ibid. p. 42.

<sup>323</sup> Voir Nilsson au chapitre 3.

<sup>324</sup> Ibid. p. 57.

<sup>325</sup> Ibid., p. 65.

<sup>326</sup> « Welcome to IJCAI | IJCAI », consulté le 5 janvier 2017, <https://ijcai.org/>.



leurs collègues. Abordés au chapitre de méthodologie, je prolongerai la réflexion sur ce point aux chapitres 5 et 6<sup>327</sup>. Dans ce sens, le modèle ML concrétise techniquement les mémoires sociales de ses concepteurs. Quant à l'utilisateur, il retrouve dans l'objet technique divers groupes, souvent à l'origine de son achat, tels que l'importance accordée à un mode de vie particulier et qu'évoque une automobile ou un vêtement, ce que n'a pas manqué de souligner le sociologue Jean Baudrillard dès les années 1960<sup>328</sup>.

Or, l'algorithme d'IA se distingue des autres artefacts techniques dans la mesure où il s'élabore et se transforme à l'usage. Le principe général va comme suit. Après une phase d'apprentissage dite « supervisée »<sup>329</sup>, le modèle entre dans un mode dynamique. Il se révisé en temps réel ou décalé, l'équivalent d'un « apprentissage » où la captation de la situation en cours enrôle l'utilisateur dans sa réactualisation. L'artefact renvoie à l'utilisateur non seulement son propre usage, mais aussi celui de milliers d'autres usagers. Le fonctionnement de l'objet intègre la formalisation des traces de la conduite de l'usager ainsi que celles des conduites de groupes divers, souvent difficiles à identifier. Les services de musique et de vidéo en continu, dont les fameux Spotify et Netflix suggèrent des listes musicales distinctes, les unes reposant sur nos écoutes précédentes alors que les autres sont du contenu populaire (« trending ») au sein de la clientèle canadienne et au-delà. En pratique, la conduite de l'usager se calcule en conjonction avec celle des autres dans un exercice de prévision plus ou moins précis sur ses actions passées et sur celles susceptibles de survenir dans un avenir proche au regard d'actions similaires effectuées par d'autres ensembles sociaux techniquement construits (ex. amateurs de science-fiction ou de Hip-Hop). Un écart se retrouve souvent entre la conduite effective et anticipée de l'usager.

Cette description simplifiée présente l'objet dit « intelligent » ou le service rendu par un algorithme partie prenante d'un ensemble appelé « logiciel » (ex. Facebook). Tout objet habité par un algorithme d'IA est dans l'usage le travail d'un collectif élargi, le résultat d'une

---

<sup>327</sup> Dans les chapitres précédents, je parlais des sciences de la gestion par exemple.

<sup>328</sup> Baudrillard. La société de consommation. 1970.

<sup>329</sup> Rappelons qu'il y a aussi l'apprentissage non supervisé et par renforcement. Cependant, la dynamique décrite ne change pas à l'usage.

« communauté épistémique » pour reprendre une expression de Conein<sup>330</sup> plus vaste que les groupes habituels de professionnels engagés dans l'élaboration d'un objet technique quelconque.

En résumé, les modèles ML sont des « mémoires sociales », car bâtis à partir des connaissances de trois catégories d'ensembles sociaux. Le premier et commun à tous les objets techniques est celui des concepteurs. Le second est les utilisateurs imaginés par lesdits concepteurs et intégrés dans les usages supposés du modèle. Enfin, le troisième, unique au modèle ML est les usagers à la source de la production en temps réel ou décalé du modèle. Ils ne font pas que recourir au modèle, ils le reconstruisent lors de l'utilisation et se renvoient les uns aux autres leurs usages respectifs par son intermédiaire. Cette particularité nous introduit le modèle ML comme un « tiers médiateur technique », une opération de médiation sociale technicisée<sup>331</sup>.

Cette perspective sociologique s'appuie sur l'état actuel de la technologie et surtout de son usage par le GAFAM, rappelons-le Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft. L'article de Kenneth De Jong, développeur en algorithmes génétiques et traduits dans le tome 2 du livre « Apprentissage symbolique » sous la direction de Yves Kodratoff soulignait que l'apprentissage n'arrête jamais :

Tout naturellement, on en vient à se poser la question: à quel moment **l'apprentissage s'arrête-t-il** ? La réponse du point de vue des systèmes adaptatifs est: **jamais!** Considérons la construction d'un système expert de diagnostic qui améliore ses propres capacités au cours du temps. Si un tel système est conçu pour continuer son apprentissage sur le terrain, il n'est plus essentiel **de prévoir (et de valider) toutes les situations possibles** avant que le système entre en action. Ce point de vue se justifie fortement par l'observation que **le monde (environnement) dans lequel de tels systèmes évoluent est lui-même très rarement statique. La conception de systèmes capables de s'adapter à de telles modifications de l'environnement** plutôt que de systèmes nécessitant une intervention humaine semble préférable<sup>332</sup>.

---

<sup>330</sup> Conein in Verges et Ramognino, Op. cit., p. 255.

<sup>331</sup> Notre mémoire de maîtrise étudiait le tissu humain de synthèse. Cet objet empirique contient les deux premiers ensembles sociaux mentionnés, mais non le troisième. Ces deux plans d'analyse coexistent toujours avec le modèle ML.

<sup>332</sup> Kenneth De Jong, « Apprentissage à partir d'algorithmes génétiques », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cépadués-Éditions, 1993)., p. 536 et suivantes.

Jean Gabriel Ganascia, chercheur réputé de l'IA en France commentait l'article de l'un de ses collègues sur la créativité en soulignant l'importance de l'expérience : « Il faudrait donc accorder beaucoup d'importance à l'acquisition de nouveaux concepts à partir de l'expérience et à la modification automatique de la représentation des exemples au fur et à mesure de l'évolution du contexte conceptuel<sup>333</sup> ». Pourtant, ce caractère dynamique du modèle ne va pas de soi. Marie-Jean Meurs, informaticienne et chercheuse à l'UQAM précisait sa perspective sur l'apprentissage automatique suite à une de mes questions<sup>334</sup>. Après la phase initiale d'apprentissage en laboratoire, la seconde phase d'apprentissage ne devrait se faire qu'après consentement de l'utilisateur où, celui-ci, au cas par cas, aurait la possibilité de refuser que les données produites servent à alimenter le modèle. Les entreprises américaines ont mis en pratique de facto la vue de Kenneth de Jong précédemment cité sur un apprentissage machine conçue comme apprentissage continu<sup>335</sup>. Je présume que ceci constitue un exemple du caractère opératoire de l'analogie constante avec l'être humain dans ce milieu professionnel.

## **L'espace social : la rencontre de mémoires sociales et de mémoires sociales technicisées**

### **Le caractère régulateur du modèle ML pour l'action humaine**

L'analyse par un algorithme des conduites d'un individu à un instant « t » revient à les renvoyer à l'étalon des conduites passées de ce dernier ainsi que de celles de personnes qui lui sont totalement étrangères. Un résultat sous la forme d'un savoir-que ou d'un savoir-comment invite à l'action de l'utilisateur ou de la machine. L'utilisateur fait advenir, du moins en partie le sens d'actions passées ainsi que celles des concepteurs, sens contenu par exemple dans le choix et le travail des ensembles de données à partir duquel l'apprentissage a eu lieu. L'usage d'un logiciel de prévision

---

<sup>333</sup> Jean-Gabriel Ganascia, « Commentaires sur "Explications, apprentissage automatique et créativité" », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cépadués-Éditions, 1993), p. 54.

<sup>334</sup> Ateliers Sociologia - CIRST, « Intelligence artificielle et impacts sociaux. De quoi parle-t-on ? Retour aux bases » (Montréal, 17 octobre 2019), <https://evenements.uqam.ca/evenements/ateliers-sociologia-intelligence-artificielle-et-impacts-sociaux-de-quoi-parle-t-on-retour-aux-bases/9527>.

<sup>335</sup> La possibilité d'utiliser les services est subordonnée à celle d'accepter les conditions d'utilisation rédigées par le fournisseur. Certaines données personnelles et anonymisées en font parties.

des crimes par la police de Chicago prend en compte le regard et les actions de cette dernière sur la communauté afro-américaine<sup>336</sup> en plus de celui des concepteurs<sup>337</sup> et renvoie aux policiers leurs pratiques faisant de la prévision une prophétie autoréalisatrice. Ceci dit, nous n'avons pas attendu les algorithmes du machine Learning pour cela<sup>338</sup>. Le « domaine de sens<sup>339</sup> » de ce référent est entre autres choses la statistique, mais aussi l'informatique et l'ingénierie qui se trouve objectivée dans un code (ex. le langage Python) et du matériel. Par exemple, j'ai déjà parlé de la catégorie de « problème », une connaissance constitutive du modèle ML et déterminante pour sa diffusion. De plus, il existe un usage prédéterminé pour la plupart des modèles quoique nous puissions nuancer. Un algorithme qui identifie les visages appartient au champ de recherche « Représentation Learning ». Il ne prendra son sens qu'à postériori, dans les ordinateurs portables en guise de mot de passe ou à la frontière de certains pays.

Du côté de l'utilisateur, le geste à poser, la réponse à fournir dans une situation donnée découle d'une interprétation des expériences passées. Elles guident avec une certaine imprécision, une « sous-détermination » dirait De Munck qui laisse place à une réinterprétation selon les particularités du moment, une pluralité de sémantiques sociales mises en rapport les unes avec les autres. Quand un modèle ML s'introduit au sein d'une situation et qu'il vise la maîtrise de cette zone d'incertitude, l'invention de nouvelles règles et la modification de celles existant chez l'utilisateur se trouvent-elles réduites et avec elles l'éventail de significations produites au profit de celles contenues dans le résultat calculé comme moyen en vue de fins prédéterminées ? Il n'y a pas de réponse tranchée. Apprendre, nous l'avons vu, est l'équivalent de généraliser ou élaborer le bon « patron ». Le modèle ML se ramène à la formalisation des expériences ainsi qu'à un contenu par le résultat produit. Le modèle ML est « une mémoire technicisée », dont le caractère « social » procède des rapports dans lesquelles elle s'insère,

---

<sup>336</sup> Jessica Saunders, Priscillia Hunt, et John S. Hollywood, « Predictions Put into Practice: A Quasi-Experimental Evaluation of Chicago's Predictive Policing Pilot », *Journal of Experimental Criminology* 12, n° 3 (septembre 2016): 347-71,

<sup>337</sup> L'apprentissage a eu lieu à partir d'ensemble de données fournis par la police.

<sup>338</sup> Sur les logiciels de réservation des sièges utilisés par les compagnies aériennes : Batya Friedman et Helen Nissenbaum, « Friedmann- Bias in computer systems.pdf », *ACM Transactions on Information Systems* 14, n° 3 (1996): 330-47.

<sup>339</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 99.

qu'elle modélise et qu'elle conditionne à la fois au nom d'objectifs programmés à la conception, mais tout en restant une abstraction qui compromet son ambition pragmatique.

### **Le dépassement de la situation par le modèle ML : un rapport forme/ contenu**

Le modèle est l'entité à laquelle l'utilisateur se réfère pour décider et agir. Le dépassement de la situation pour le modèle consiste, à l'échelle de chaque utilisateur, à passer de ce dernier à un autre en apportant à la personne concernée une partie de l'expérience qui ne lui appartient pas par l'association inédite de situations et de leurs caractéristiques à celle en cours de déroulement. Posé de facto comme le résultat d'une généralisation, le modèle ML se détache des situations qui l'on vu naître en remettant en œuvre la combinaison de leurs attributs. Cet ensemble de situations particulières combinées, Jean De Munck les appellerait des « exemplaires », se retrouve réengagé comme contenu dans les suivantes. Si le langage est un outil qui permet d'autonomiser la pensée<sup>340</sup>, l'opération de « médiation<sup>341</sup> » effectuée à partir du modèle ML autonomise les constituants sociaux des « situations » par leur mise en circulation entre usagers, une forme spécifique d'interaction avec le monde et dont je propose d'étudier le principe exposé succinctement de la manière suivante: le modèle de ML est un « objet de pensée<sup>342</sup> », un objet sur lequel portent les opérations cognitives des usagers, c'est un contenu. En paraphrasant Paul Sabourin<sup>343</sup>, ce contenu est celui de traces de corps, de conduites, discours, objets, aménagements, l'équivalent du micromonde capté et que je regroupais sous le terme de « situation ». Il s'articule aux mémoires des expériences des usagers à travers un résultat élaboré par la technicisation de ses traces d'expériences passées. Vis-à-vis de l'utilisateur, le modèle ML en tant que contenu devient une trace des traces d'échanges constitutifs de situations.

Cette fonction de médiateur repose sur le découpage de la connaissance des usagers en attributs reliés entre eux par un ensemble d'équations qui fait du modèle ML une forme (chap. 3). Toutefois, ce découpage trouve ses limites dans celle du micro monde et une multiplication

---

<sup>340</sup> Verges et Ramognino, *Op. cit.*, p. 218.

<sup>341</sup> Rappelons que la médiation en sociologie se définit comme un raisonnement à l'origine d'un savoir. C'est une forme. Voir le cadre théorique (chap. 1).

<sup>342</sup> Expression de De Munck : De Munck, *Op. cit.*, p. 96.

<sup>343</sup> Sabourin, *Les médiations ...*, *Op. cit.*, p. 14.

finie des « dimensions ». Le modèle ML du chien résulte de l'analyse de milliers de photos de cet animal saisis dans le quotidien de son maître et des personnes qu'il côtoyait au moment de la prise de vue. Où est l'idée qui a guidé le maître pour prendre son chien en photo ? Le découpage devient une opération d'extraction<sup>344</sup>, de coupure et de mise de côté du moins en partie de la connaissance qui prévalait à propos du chien et qui a conduit à le photographier. En cela, la fonction d'intermédiaire du modèle ML se ramène à une technique de configuration limitée et à une forme non explicite pour un usager qui ne peut qu'appréhender le résultat du calcul.

### **La tierce médiation du modèle ML : la constitution d'une « mémoire sociale technicisée »**

Reformulons brièvement. Le modèle ML est le produit de conduites humaines engagées dans des situations diverses. Il se voit remis en œuvre dans des situations toujours différentes de sorte que l'algorithme se retrouve à devoir évaluer une différence entre une forme temporairement figée d'expériences multiples et une expérience singulière. Il gère un écart. Intervient alors le degré d'incertitude, une opération informatique « d'optimisation » qui renvoie à la flexibilité du modèle, son aptitude à fournir une réponse pertinente. L'apprentissage machine se traduit par un ajustement du modèle ML, résultat de ce travail sur l'écart. L'apprentissage machine se trouve dans ce mouvement de retour comme opération d'ajustement après coup du prototype.

À l'usage, la conception du modèle ML l'amène à former un « tiers médiateur technicisé ». Le phénomène des « fake news » est là pour nous le rappeler et à la suite duquel Google a ajusté ses algorithmes qui proposent désormais plusieurs versions d'une même nouvelle. J'organiserai la présentation de la constitution de cette mémoire sociale technicisée selon les trois moments cooccurrents chez De Munck, soit herméneutique, critique et institutionnelle<sup>345</sup>. Ainsi, les raisonnements s'élaborent dans l'action aussi bien qu'ils en découlent. Des « procédures de perception », de « délibération », de « validation », de « catégorisation », de « coordination » traitent des résultats du modèle ML.

---

<sup>344</sup> « Abstraction » est le terme de Russel et Norvig : Norvig et Russel, *Op. cit.*, p. 69.

<sup>345</sup> Nous nous appuyons en particulier sur les pages 143, 189, 190 : De Munck, *Op. cit.*, p. 143, 189, 190.

En suivant De Munck<sup>346</sup>, le prototype ou modèle ML s'insère dans une situation unique, jamais vue, celle élaborée par l'individu lambda et qui interprétera le résultat à venir pour décider de sa pertinence. Le calcul consiste à appairer ce vécu en cours avec les situations passées et sur lesquelles le modèle ML s'est bâti. Cet appariement soulève la question de l'écart chez la machine.

Le sens naît de la confrontation du résultat produit par la machine avec les expériences antérieures de l'utilisateur. « Cette capacité de métaphoriser le nouveau avec de l'ancien et de renouveler avec de l'imprévu le sens mourant de nos savoirs acquis, cette capacité est la possibilité même du sens<sup>347</sup> ». Elle est toujours sociale, c'est un retour sur soi par le biais de l'Autre, car pour paraphraser De Munck<sup>348</sup> la connaissance pratique n'est pas seulement « une généralisation sélective d'expériences individuelles », elle est aussi vécue dans le rapport aux Autres, c'est-à-dire qu'elle « suppose un accord interindividuel sur sa signification », soit le moment critique.

Toutefois ici, cet ensemble social, les « Autres », ne se limite plus aux groupes rencontrés par l'utilisateur. Des groupes qui lui sont totalement étrangers constituent également le résultat du modèle ML. L'utilisateur doit composer avec les traces de leurs activités et leur retraitement, activités qui s'inscrivent dans des expériences qui sont forcément différentes des siennes, mais qui sont présumées similaires par le modèle. Comme je le disais à la section précédente, nous retrouvons de manière explicite cette situation quand un service en ligne nous dit que les gens qui écoutent telle musique et dont notre usager fait partie aiment alors telle autre musique. Point remarquable, la conception du modèle ML envisage une constitution de l'individuation à travers divers ensembles sociaux, ce que Maurice Halbwachs soulignait dès 1925 dans son livre « les cadres sociaux de la mémoire ». Les expériences modélisées de l'individu comptent sur l'irréductibilité sociale des conduites des usagers.

La relation d'humain à humain via le modèle de ML est ce moment de la « critique » chez De Munck, la confrontation des interprétations. Les ensembles sociaux ou plus précisément les traces de leurs activités sous la forme de données construites et formalisées en modèle

---

<sup>346</sup> Ibid., p. 83.

<sup>347</sup> Ibid., p. 36

<sup>348</sup> Ibid., p. 65.

s'interposent dans le rapport à l'Autre. Dans le partage d'un article entre deux usagers et sélectionnés par le service Google News interviennent les choix de lecture de plusieurs ensembles sociaux à partir desquels l'algorithme a retenu ledit article. C'est notamment le cas quand les articles sélectionnés découlent de sites Web que l'utilisateur a visité, car selon les calculs, ils intéressent en général tous ceux qui sont allés sur les sites en question. Il n'y a donc pas de calcul destiné à un individu qui ne prenne pas en compte les Autres. La « médiation » s'effectue techniquement par un modèle ML et socialement par les collectifs à partir desquels le calcul s'élabore. Le partage avec un ami sur Spotify d'une liste de chansons suggérée par la machine établit une relation médiée par les gens qui ont des goûts similaires et à partir desquels la liste a été constituée par l'algorithme. Le simple fait d'intégrer le résultat du modèle ML dans notre action (ex. lire l'article sans le partager) est un rapport avec la source de l'article, soit l'ensemble des gens qui apprécient en général (statistiquement) ce genre d'article<sup>349</sup>. Il en résulte que l'échange de connaissance dans le domaine du divertissement musical ou cinématographique par exemple n'est plus tributaire de relations sociales de coprésence entre usagers; il se fait anonymement.

La critique, l'argumentation, le débat (ex. sur un article partagé entre usagers de Facebook) ne porte pas sur la similarité des expériences passées, mais sur l'interprétation produite par chacun et la connaissance pratique pour l'action, équivalente à l'ensemble des règles de conduite qui en découle. Le modèle ML et son résultat se rapprochent d'une partition musicale chacun en tant que médiateur, mais à une différence près : le modèle ML est un miroir dynamique des actes de chacun et de tous. Maurice Halbwachs explique le jeu d'un orchestre dans « la

---

<sup>349</sup> Une même proposition de lectures ou d'écoute d'un algorithme est envoyée à des milliers voire des millions de personnes. L'algorithme constitue de facto des ensembles sociaux sous la forme de communautés d'intérêts communs. Ainsi, le partage ou l'échange n'est pas nécessaire pour poser l'algorithme en médiateur. L'adhésion à une théorie du complot quelconque résulte aussi bien d'une démarche de l'utilisateur hors du réseau social (ex. il connaît les personnes à son origine) que d'une suggestion de l'algorithme ou bien de celle d'un adepte qui en avait pris connaissance par l'algorithme et qui la transmet aux membres de son réseaux. Le réseau Facebook résume cet aspect autour de la notion centrale « d'engagement ». Il prit une place de premier plan à partir de 2013 en s'attribuant la fonction de distributeur de la production médiatique existante. Elle consistait en l'envoi massif d'articles ou de vidéos sans égard à leur qualité et joua un rôle crucial dans le processus électoral américain de 2016. On peut regarder Facebook comme le médiateur technique principal des rapports sociaux occidentaux et le logiciel à construire des groupes d'opinions. Voir Alexis C. Madrigal, « What Facebook Did to American Democracy And why it was so hard to see it coming », *The Atlantic*, 12 octobre 2017, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/10/what-facebook-did/542502/>.



mémoire collective chez les musiciens » (Halbwachs 1939). Le modèle ML devient dans ce cas l'équivalent de la partition présentée à chacun, la trace d'un travail collectif d'interprétations repérables par les actions (ex. clics sur des articles) et en même temps il est celui qui articule, par lequel les usagers passent, le chef d'orchestre. L'accord entre musiciens se maintient par le renvoi à tout instant de leur interprétation respective des signes musicaux tout comme dans notre cas des significations données par les usagers à la vue du résultat calculé et déterminé par capture de clics ou d'analyses sémantiques de messages par exemple. Cependant, la partition ne change pas, du moins au moment de l'exécution alors que la captation ajuste le modèle en retour. Le modèle ML capte les actions liées à la présentation de son résultat (ex. cliquer sur l'article envoyé; écouter la chanson proposée; partager; publier des messages) tout en tenant compte de l'ensemble des usagers\musiciens, le côté « statistique » ou « collectif » du calcul. Chaque usager construit en même temps sa « partition » et celle des autres. Selon la perspective de Halbwachs, on peut dire que l'expérience de l'utilisateur remise en jeu dans l'expérience de discussion avec un autre usager revient travaillée la mémoire des expériences précédentes de chacun à l'instar des musiciens, mais aussi celle du modèle mémorisé de la machine. Ce sont donc toujours une mémoire sociale et une « mémoire sociale technicisée » qui se constituent simultanément. Les concepteurs ne conçoivent pas le modèle ML en tant que point de passage sans sa transformation. Les algorithmes Google s'adaptent constamment suite à la sollicitation de leurs services. Ce médiateur change techniquement certes, mais ce changement se reflétera dans les résultats ultérieurs desservis aux Autres aussi bien qu'à l'utilisateur particulier qui en était la source, recomposant lors de la prochaine utilisation leurs mémoires respectives à partir de l'actualisation technique des expériences passées qu'elles leur appartiennent ou non.

Le résultat de l'algorithme est toujours le produit du codage au sens informatique du terme de l'expérience d'autrui et de l'expérience de l'utilisateur auquel il s'adresse et c'est ce codage qui devient l'enjeu en arrière-plan des discussions entre usagers lors desquelles se poseront par exemple le problème des articles qui renforcent les vues des lecteurs en ne leur envoyant que des nouvelles qui collent aux goûts du groupe auquel ils ont été identifiés par la machine. Les individus conviennent dans l'échange d'une signification commune et avalisent par le fait même l'espace de codage informatique comme espace de codage discursif public.

L'institutionnalisation est l'équivalent chez De Munck de cette reconnaissance publique de ces espaces, les fameux réseaux sociaux et forums gérés par les modèles ML à la source des données d'un nombre croissant d'objets connectés (chap. 7). Les modèles ML en liens techniquement les uns avec les autres émergent comme nouveaux ensembles de règles qui distribuent et recomposent les savoirs, un dispositif cognitif collectif.

Toutefois, l'articulation de ces mémoires sociales pose à nouveaux frais la tension entre une opération d'abstraction du côté des informaticiens et sa remise en jeu par l'usage, sa re-contextualisation chez les utilisateurs des modèles.

### **L'aspect idéal : l'exhaustivité des variables comme horizon**

La production automatisée de représentations mathématisées de situations se ramène à « apprendre ». Apprendre devient à la fois un inventaire du plus grand possible des variables, la production de mises en lien et la pertinence du résultat. Compréhensibilité des variables aux yeux d'un être humain, exhaustivité des variables comme horizon et précision du résultat sont-ils incommensurables au point de faire du modèle une pure abstraction de l'esprit qui nous abriterait de toute fonction régulatrice du modèle ML en laissant libre cours à l'interprétation des usagers ?

« The curse of dimensionality » expression employée par Yoshua Bengio<sup>350</sup> se réfère à la multiplication des variables, une segmentation la plus fine possible de l'objet afin de produire par la suite le plus grand nombre possible de combinaisons de ces mêmes variables. Ce travail en « haute dimension » recensera le genre, les vêtements, différentes paires de lunettes, la couleur de peau et bien d'autres caractéristiques de sorte que la machine n'aura pas besoin d'avoir vu lors de son apprentissage l'exemple d'un homme noir<sup>351</sup> revêtu d'une robe avec des lunettes pour le décrire correctement, car chacune des caractéristiques aura été inventoriée sur des milliers d'exemples. En multipliant les variables et ainsi le nombre de neurones par couche, le réseau reconnaîtra un ensemble très riche de variations possibles, « il y a compositionnalité<sup>352</sup> ». Aussi,

---

<sup>350</sup> Les cours en ligne de l'école d'été 2018 : Edulib Ivado 101, *Op. cit.*

<sup>351</sup> L'exemple est de mon cru.

<sup>352</sup> Ibid.

la généralisation porte sur ce qui n'a jamais été rencontré, mais dont les attributs ont été repérés. Apprendre se ramène à identifier une combinaison inédite d'attributs. Un objet se décrit en multipliant les variables et non les combinaisons entre variables qui elles seront assurées par le modèle ML lorsque mis en usage. Enfin, cette « représentation » issue d'un réseau neuronal comble une des faiblesses des approches précédentes en IA :

Il y a d'ailleurs une règle du pouce: une tâche que l'humain fait de manière intuitive, sans besoin d'un grand raisonnement, une réponse qui vient rapidement en examinant la situation, c'est aussi une tâche que les réseaux de neurones font bien aussi<sup>353</sup>.

Cette « règle » renvoie à son contraire chez le chercheur Manuel T. où « ... même aujourd'hui, on ne sait pas comment faire beaucoup de choses alors que nous, en tant qu'humains, on les fait naturellement ». L'IA des années 1950-1970 associe l'intelligence à des raisonnements sophistiqués pour un être humain tels que ceux liés au jeu d'échecs ou à la découverte du plus court chemin entre un point de départ et une destination. L'IA neuronale permet la modélisation non plus du raisonnement formel et de la connaissance savante, mais bel et bien celle de la connaissance ordinaire, connaissance aux propriétés et règles inconnues et qui le demeurent au sein des algorithmes pourvu qu'ils parviennent à un résultat pertinent. Mais voilà, qu'est-ce que la pertinence ? Est-ce que la quête d'un nombre toujours plus grand d'attributs significatifs ou non rencontre le côté pragmatique des usagers ? Le déploiement d'un modèle ML se ramène à la conjonction de cette opération d'abstraction avec celle de son « indexation » en situation par les utilisateurs.

### **La limite de l'abstraction : « l'indexation »**

La captation, l'élaboration et la mise à jour du modèle ML ainsi que son ajustement dans l'usage tentent de dépasser constamment la contingence de son enracinement dans des données fugaces. La question de l'ajustement est au cœur de la recherche en IA<sup>354</sup>. Nous avons vu que ce processus se ramène à rapporter en continu, de la manière la plus fine possible les activités humaines par les traces qu'elles laissent. Cette course à la précision par le nombre de variables

---

<sup>353</sup> Ibid.

<sup>354</sup> Voir entre autres, le texte de Roger Shank et Alex Kass suivi des commentaires de Jean-Michel Ganascia : Shank et Kass, *Op. cit.*, in Kodratoff Tome 2 *Op. cit.*, p. 29. Et Ganascia, *Op. cit.*, in Kodratoff Tome 2, *Op. cit.*

et de leurs mises en lien et ce à partir d'une quantité de données aussi volumineuse soit-elle demeure sujette à la part d'incertitude de chaque situation particulière. Prise en charge par l'usager et par le modèle ML, la pertinence de ce dernier se voit évaluer à l'aune d'une possibilité de l'indexer sur l'expérience en cours.

La précision en informatique consiste à inventorier les traits caractéristiques d'un objet ou d'une situation et produit « une perspective idéalisante de la situation » pour reprendre une expression de De Munck<sup>355</sup>. Ce cumul d'exemplaires uniques à partir d'ensembles massifs de données (Big Data) se heurte au problème soulevé par Wittgenstein<sup>356</sup> sur l'impossibilité de trouver des conditions suffisantes pour définir ce qu'est un jeu. Le modèle ML devient un inventaire incomplet des conditions nécessaires d'un cas à l'autre de ce qu'est l'objet ou la situation en question, une impossibilité ontologique de cerner la situation modèle, représentante fidèle de toutes les situations. La professeure Sandra S. me lançait ce défi :

Parce que, par exemple, quand vous avez appris quelque chose, typiquement vous êtes capable de vous expliquer. J'ai appris à reconnaître tel type d'image. **Vous avez une idée de la raison pour laquelle c'est un chien et non un chat.** Vos explications ne sont pas forcément très bonnes. **Essayer d'expliquer pourquoi c'est un chien et non un chat, vous allez voir que ce n'est pas facile du tout.** On sait toute de suite que c'est un chat ou un chien, mais **essayer de justifier votre décision**, vous allez voir, ce n'est pas facile. [...]. Essayez, essayez. Vous allez voir que « qu'est-ce qu'un chat ? », « C'est quoi un chat ? ». « Par différence avec un chien » ? La taille ? Ça ne marche pas. Bon, en moyenne, ils sont plus petits que les chiens, mais il y a des petits chiens et il y a des gros chats aussi. Bon, qu'ont-ils ? Des grandes oreilles, des moustaches, vous allez voir **c'est très difficile. C'est une image globale.** Le chat n'a aucune caractéristique particulière. Ils ont des griffes ? Les chiens aussi. Les griffes sont rétractables, mais sur une photo, cela ne se voit pas. Il miaule, mais sur une photo, ça ne se voit pas non plus. Est-ce le comportement ? Mais sur une photo ? Sur une photo on voit de suite que c'est un chat, mais après... (Sandra S., informaticienne).

Jessica G. parle d'une « représentation interne » dont on ne connaît pas la nature :

[...] je passe mon temps à entraîner des systèmes pour qu'ils apprennent, mais est-ce que je me suis vraiment fait une réflexion sur ce qu'est apprendre ? Je dirais **qu'apprendre consiste à avoir une représentation interne de ce que c'est une réalité donnée.** [...]. Par exemple, il y a **des tonnes de récipients possibles, mais j'ai une représentation interne de ce qu'est un récipient** et je sais pourquoi c'est un récipient. Si tu m'amenaient par exemple une sorte de globe avec de l'eau dedans, je sais qu'un

---

<sup>355</sup> De Munck, Op. cit., p. 134.

<sup>356</sup> De Munck, Op. cit., p. 32, 33.

réceptacle est fait pour contenir de l'eau. Est-ce que je saurais si c'est un réceptacle ? S'il y a un trou fait pour boire ou verser, je dirais alors que c'est « weird, je n'ai jamais vu ce réceptacle ». Mais, je dirais que c'est un réceptacle, mais je le sais, c'est clairement sa fonction. Donc, j'ai une représentation interne de par exemple ton réceptacle, même si je l'ai jamais vu. Donc, j'ai appris quelque chose. **J'avais une représentation. Je dirais que c'est ça, avoir une représentation qui peut couvrir un ensemble de réalités possibles.** Dans ce cadre-là, **l'apprentissage machine marche bien, parce que oui, c'est avoir une représentation interne, un tas de chiffres, qui s'influencent les uns les autres, mais c'est une représentation interne de quoi ?** C'est ça le truc (Jessica G, informaticienne).

La rencontre humaine et modèle procède d'une discontinuité constitutive d'un lien social technicisé. À la suite de sa lecture de Putnam et le concept d'indexicalité en linguistique<sup>357</sup>, Jean de Munck en conclut que la référence au monde est indépendante de la description que l'on en fait. Si je reprends cette question de l'indexicalité sur le plan sociologique, le travail de « description » confié à la machine et celui de référence à l'utilisateur, consacre techniquement cette séparation existante d'un point de vue cognitif. Autrement dit, l'élaboration du modèle à partir d'exemplaires quand bien même, lui permettrait-elle de représenter précisément chaque situation particulière à venir<sup>358</sup> ne le pose pas pour autant en passage obligé pour l'opération de référence à la situation présente. Le rassemblement des divers éléments de la situation par l'utilisateur passe par des médiations reposant sur des rapports sociaux variés et constitutifs de l'« incertitude ». La visée ou bien la signification dans ce cas renvoie à la construction pour l'action de l'utilisateur d'une zone sociale, une morphologie localisée ou un ensemble de liens entre objets, entre personnes ainsi qu'avec l'espace et le moment présent. Cette configuration consacre le côté idéal de l'aspect matériel de la dimension sociale de la vie humaine en puisant dans les mémoires sociales de l'utilisateur.

---

<sup>357</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 79 à 83. La théorie dite externaliste » de Putnam repose sur le concept d'indexicalité en linguistique. Un mot prend son sens dans les contextes d'énonciation. Son sens établi à partir d'exemplaires passés ne nous dit rien de sa pertinence pour désigner le prochain exemplaire (en faire usage dans la prochaine situation). Quand bien même, il serait pertinent, cette pertinence n'est pas toujours nécessaire pour réaliser l'action désirée, c'est-à-dire qu'une description de la situation à partir d'un point de vue différent de celui du mot en question nous permet quand même d'agir. Dans l'exemple cité par De Munck, le point de vue consiste à remettre un document à la personne malgré une interprétation erronée de ce qu'elle est en train de faire.

<sup>358</sup> Popper avait déjà soulevé avec humour ce point: « comme on le sait, un nombre aussi grand soit-il d'observations de cygnes blancs ne nous donne pas le droit de conclure que tous les cygnes sont blancs ». Karl R. Popper, « Problèmes fondamentaux de la logique de la connaissance », in *Expériences, théories et méthodes*, par Sandra Laugier et Pierre Wagner, vol. Tome 1, Philosophie des sciences (Paris: Vrin, 2004), p. 238.

Est-ce que les informaticiens établissent une équivalence à priori entre « description<sup>359</sup> » et référence pour s'assurer de l'indexicalité de leur algorithme ? Ils reconnaissent que leur défi est de fournir une réponse en contexte et on peut supposer qu'un apprentissage machine réussi vise non seulement à lever toute ambiguïté sur ce qui est à identifier, mais aussi la production d'une opération de référence pertinente de la part de l'utilisateur. À défaut de pouvoir parfaire leur technique, la description prime, mais au prix d'une équivalence implicite. Ainsi, le modèle ML demeure ancré dans les exemplaires bâtis tout en tentant un rapprochement avec des données uniques, jamais rencontrées dans ce qui pour l'utilisateur n'est, somme toute, que son expérience du moment et lors de laquelle il décide de la possibilité d'un appariement plus ou moins heureux du résultat présenté. La réponse rapportée par Jean-Michel Ganascia de Ryszard Michalski, ingénieur et informaticien au linguiste Roger Schank remet en cause ce sur quoi porte la tentative technique d'indexation. En cela, très proche de Maurice Halbwachs, Michalski rétorque à Schank que l'indexation humaine se fait à partir de souvenirs, une forme de connaissance issue « d'exemples interprétés et généralisés » et non pas de cas<sup>360</sup> :

Je crois que nous devons soulever la question de ce que vous [Roger Schank] voulez dire quand **vous parlez de cas**. Je suis d'accord pour dire que **nous rapportons tous ce que nous percevons à notre expérience passée, à notre connaissance passée**. Ce n'est pas la même chose que de le **rapporter à des cas**, parce qu'un cas peut être compris comme quelque chose de très spécifique, comme celui que vous avez mentionné, dans lequel des gens rapportent la situation au Salvador à ce qui s'est passé au Vietnam. **Le cas que vous mentionnez n'est pas ce qui s'est passé au Vietnam, mais plutôt une interprétation personnelle de ce qui s'est passé**. Si vous demandiez à des Vietnamiens, des Russes, des Polonais ou des Américains ce que représente pour eux l'épisode du Vietnam, vous obtiendriez des réponses très différentes. Donc **un cas n'est pas la réalité, mais une interprétation**.

Pour l'utilisateur, la possibilité de s'y référer et d'apparier l'emporte sur celle de la description précise d'un cas par la multiplication des attributs. L'IA longtemps assimilée aux systèmes experts consistait en des savoirs savants formalisés par des règles explicites et spécifiques à chaque domaine de connaissances et maîtrisées par des professionnels. Or, les chercheurs d'une IA contemporaine ramenée à l'approche neuronale ne se concentrent plus sur cette mise en forme du contenu de l'objet, puisqu'elle est automatisée, du moins travaillent-ils à parfaire

---

<sup>359</sup> Au sens où nous l'avons définie précédemment,

<sup>360</sup> Michalski cité par Ganascia, *Op. cit.*, in Kodratoff, tome 2, *Op. cit.*, p. 53

l'automatisation d'une seule et même forme. Ils ne savent pas ce qui est appris, mais seulement ce sur quoi porte le modèle ML et en l'occurrence, sur un savoir ordinaire dont la modélisation est souvent employée dans des services à vocation commerciale. Ainsi, et même s'il ne reste plus que l'usage, demeure le défi technique de rencontrer le côté pragmatique de l'action, « le faire<sup>361</sup> » de ceux qui l'utilisent, dirait Nicole Ramognino. Par exemple, un usager sur Amazon examine un produit Y, mais admettons qu'il ne s'intéresse qu'à son design ou sa mise en marché. Les suggestions d'achats sur des produits de la même famille lui seront pourtant envoyées. On peut s'interroger sur la viabilité d'une technique qui maintient cette tension entre une opération de « description » précise et la possibilité de l'indexer à la situation du moment. La première met bien de l'avant une fin fixée d'avance et contenue dans l'usage, atteinte par un moyen sous la forme d'un modèle ML. L'autre opération dessine la fin au fur et à mesure de l'élaboration des moyens dans un appel continu aux mémoires d'expériences passées. La fin se dévoile progressivement, la conclusion exacte n'est jamais connue d'avance, ce que De Munck désigne par l'incomplétude de la règle, sa flexibilité chez l'être humain.

### **Le modèle ML face à l'incomplétude des règles : l'irréductibilité sociale de l'action humaine**

Plus haut, j'assimilais le modèle ML à une règle. Qu'entendons-nous par l'incomplétude de la règle chez l'être humain ? De Munck explique que toute règle s'appuie sur d'autres règles, une régression à l'infini<sup>362</sup>. Cette sous-détermination de la règle lui confère une certaine flexibilité, une application au regard des circonstances et compte tenu du savoir limité de chacun, de notre incapacité à envisager toutes les composantes d'une situation<sup>363</sup>. En découle une incertitude inhérente à toute action.

Reformulons ce que nous avons vu dans les sections précédentes. Le modèle ML n'offre pas une réponse déterminante du geste à poser. Il ne peut pas à l'usage présenter la rigidité que suppose un « rapport de domination » par exemple, ne serait-ce que parce qu'il coexiste avec les règles déjà existantes suivies par l'utilisateur. En effet, l'impossibilité technique reconnue chez les

---

<sup>361</sup> Ramognino, *Normes sociales ...*, *Op. cit.* p. 18.

<sup>362</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 111.

<sup>363</sup> *Ibid.*

chercheurs de saisir la totalité de « l'état du monde » borne la performance d'un algorithme toujours conçu pour un type précis de données. Font partie de ce monde plus vaste et insaisissable des règles administratives d'usage par exemple ou encore les significations accordées aux résultats par les utilisateurs. Nous paraphrasons Isabelle Hajek<sup>364</sup> qui résume le propos de Pierre Verges sur la représentation sociale dans sa thèse de 1977 en disant que si le modèle ML « construit et autonomise un objet formalisable par découpage dans la totalité sociale de certains aspects », la mémoire sociale de l'usager « procède d'une articulation de champs de significations et de domaines de savoirs multiples ». Cette mémoire ainsi que le modèle ML ne peuvent ainsi être réductibles à une connaissance erronée et/ou rectifiable, et s'interprète « plutôt comme un guide pour l'action et les échanges quotidiens ». La partie contingente de toute situation, le rapport entre forme et contenu ainsi que la primauté de l'usage dans la production de définitions équivoques des situations limitent cet aspect régulateur du modèle ML bien que par ailleurs, l'appel à des savoirs institués lui confère une « efficacité sociale » dont nous reparlerons aux chapitres 5, 7 et 8.

La minimisation de l'incertitude sur le résultat par le modèle ou en amont portant sur le « micro-monde » dont de nombreuses dimensions ne sont pas captées, croise le « vraisemblable » chez l'usager, un espace de jeu sur les possibilités du moment, sur des ouvertures face à la tentative de prendre techniquement en charge la zone d'incertitude.

À partir d'une lecture de Fernand Dumont<sup>365</sup>, disons que la captation par le modèle ML d'un quotidien en grande partie contingent est supposée nécessaire pour l'action des agents informatiques. Ce recours au passé pour segmenter et reconstruire le moment présent en vue d'un objectif programmé met de côté les conditions de l'existence même de ce passé et qui peuvent le rendre anachronique dans la situation en cours. Le modèle ML ne tient pas compte du caractère localisé socialement de toute catégorie qu'il crée. La captation de ce qui s'est produit n'est pas modélisée à l'aide de ce qui aurait pu se produire. Nous voyons dans ce rapport entre le contingent et le nécessaire chez Dumont, ce que Pierre Livet et Frédéric Nef désignent par le

---

<sup>364</sup> Isabelle Hajek, « Sociologie, cognition et langage : une méthodologie d'observation », *Langage et société* 135, n° 1 (2011): 67-85,

<sup>365</sup> Fernand Dumont, « Présupposés et justifications - La société comme objet et comme interprétation », in *Génèse de la société québécoise* (Montréal: Boréal, 1993), p. 394., p. 337 et suivantes



substantif « virtuel<sup>366</sup> ». Le « virtuel » conditionne l'action. Il désigne ce monde du « plausible », une typologie des « possibles » ancrés dans le monde selon ces auteurs, puisque les choses existent, ont existé ou auraient pu exister si certaines conditions avaient été remplies<sup>367</sup>. Quand bien même, ce passé serait nécessaire, il peut contenir ces possibles crédibles reportés d'une situation à l'autre par l'utilisateur, constitutif de la permanence d'un monde qui existe en dehors de toutes traces captables. En un mot, « l'inobservable » ne peut être modélisé alors qu'il participe aux raisonnements, à la sous-détermination de la règle, ce que Livet résume par l'expression « paradigme de l'incomplétude<sup>368</sup> ».

Autrement dit, accommodation et assimilation se font à travers le plausible, l'aspect central de l'apprentissage humain. Nos raisonnements portent sur des situations et des entités à propos desquelles le manque d'informations est à l'origine d'un imaginaire qui vient réguler le rapport à l'expérience dans une représentation du réel dont le vraisemblable fait partie. L'article de Nicole Ramognino « le virtuel et la nécessité dans l'analyse sociologique »<sup>369</sup> explique que la représentation de l'action « permet aussi bien d'évoquer la mémoire des actions antérieures que le futur ou l'imaginaire, déconnectant ainsi l'acteur d'une situation qui exigeait jusque-là un schéma comportemental du type stimulus-réponse<sup>370</sup> ». Cette mémoire définie au sens large par Jean Piaget et Bärbel Inhelder consiste en une activité de simulation des possibilités dans le présent à partir des éléments existants mémorisés<sup>371</sup> (Sabourin 1997).

Pour conclure ce chapitre, reprenons l'idée défendue d'une tierce médiation reposant sur un modèle ML face à l'incomplétude des règles d'actions. Celui-ci en tant que forme et contenu

---

<sup>366</sup> Livet et Nef, *Op. cit.*

<sup>367</sup> Pour Frédéric Nef et Pierre Livet le virtuel est un possible qui a « une efficacité sur le réel ». Deux types de « possibles » sont virtuels : ceux qui ont un lien avec le monde actuel (ex. si telle chose n'était pas arrivée alors ... sachant que la chose est arrivée donc en lien avec le monde), ceux qui sont conditionnels (les possibles contre factuels) qui comme le premier portent sur des entités existantes. Enfin, les auteurs mentionnent les « purs possibles » qui désignent des entités inexistantes. Voir Livet et Nef, *Op. cit.*, p. 75 à 78.

<sup>368</sup> Livet in Nicole Ramognino et Pierre Verges, *Op. cit.*

<sup>369</sup> Nicole Ramognino, « Le virtuel et sa nécessité dans l'analyse sociologique. Discussion de l'ouvrage d'André Petitat, *Le Réel et le virtuel. Genèse de la compréhension, genèse de l'action*, Genève, Librairie Droz, 2009 », *SociologieS*, 2012,

<sup>370</sup> *Ibid.* p. 3.

<sup>371</sup> Sabourin, *Perspective ...*, *Op. cit.* Pierre Livet déroulera également son raisonnement en terme de « simulation » : Livet, *Op. cit.*

ainsi que le lien entre les deux suscite au moins quatre commentaires. Aidons-nous des réflexions de Gilles Gaston Granger<sup>372</sup> sur la question de la forme en géométrie et en sciences ainsi que de celles de Gilles Houle<sup>373</sup> sur le rapport de cette forme à l'expérience.

Tout d'abord, ce qui ne fait qu'un au départ, au regard des capacités perceptives humaines, est découpé et recomposé en une nouvelle unité abstraite, le modèle ML : qu'elles sont les opérations non plus mathématiques, mais cognitives et les sémantiques sociales des chercheurs en IA qui assurent la référence à l'objet et à sa transformation ? Le chapitre 3 propose un début de réponse que le chapitre 5 prolongera.

Ensuite, la discussion menée par Gilles Gaston Granger sur la continuité et le contraste interviennent en IA dans le jeu des échelles attribuées à l'individu, à la « situation », à un espace quelconque tel une maison ou une automobile. L'atteinte d'un certain niveau de généralisation se rejoue dans le rapport entre le tout et la fragmentation : se résoudrait-elle par le réseau des objets connectés censé assurer une continuité des millions de formes calculées et construites à partir d'une des propriétés matérielles centrales de la vie sociale, son caractère spatial (chap. 7) ? De fait, cette « tentative pour transformer l'unité de l'expérience [usager dans notre cas] en une unité de structure<sup>374</sup> [le modèle ML] » en référence à la pratique scientifique, suppose pour Gilles Houle une pluralité des rapports entre la forme et le contenu selon le type de connaissance. En sciences, il y a réduction de la réalité, c'est-à-dire du contenu à ses seuls aspects physiques que le rapport forme contenu, validé par l'expérimentation, met en évidence (chap. 6). La connaissance de sens commun met en forme aussi bien l'expérience que l'on a d'un objet technique que celle d'une promenade en forêt ou de la lecture d'un article relevant de l'astronomie. La diversité des contenus n'a d'égal que celle de leurs représentations. Toutefois, du point de vue de sa constitution sociale, il y a une organisation sociocognitive de ces configurations singulières qui assurent une continuité entre les expériences spécifiques. Elle les réunit par des règles implicites que nous appelons communément « vie sociale ». Ces règles sont

---

<sup>372</sup> Granger, *Modèles ...*, *Op. cit.*, p. 8-10.

<sup>373</sup> Houle, *L'idéologie ...*, *Op. cit.*

<sup>374</sup> Houle, *L'idéologie ...*, *Op. cit.*, p. 126.

relatives à des pratiques sociales diverses et non à un travail réflexif<sup>375</sup> de structuration. Cette continuité dans la « discontinuité », saisie d'un point de vue technique par la mise en réseau des algorithmes est une version des « systèmes multi agents » qui met en exergue la dimension relationnelle de la connaissance. La continuité se traduit dans le concept d'agent informatique et l'idée de cumulativité ou la fin du « reset » (chap. 7).

Ce réseau sociotechnique et le succès indéniable de l'approche neuronale semblent vouer à devenir la principale manière mathématique d'appréhender le « réel », ce savoir ordinaire, et ce, sans se soucier de la compatibilité de cette forme avec l'expérience des utilisateurs (ex. dans le découpage en propriétés ou variables de l'objet). L'IA classique a échoué dans cette tentative d'uniformiser la façon de se saisir du savoir expert selon une seule et même logique mathématique. Les variations infinies de la connaissance ordinaire et de sa structuration sociale répondraient-elles à une mise en forme technique unique ? J'en doute, les travaux sur la mémoire sociale mettant en évidence les changements et l'articulation continus des points de vue de chacun.

Enfin, quatrième point, rappelons que nous ne savons pas ce que le modèle ML apprend disent les chercheurs. La présence de ces « couches cachées » censées conférer au modèle ML sa flexibilité repose sur la recherche du plus grand nombre d'attributs possibles : est-ce là une quête vaine qui tenterait de désigner comme « premier » le modèle (id. le « concept ») ? Paul Alfred Hazard<sup>376</sup> reprend la réflexion de Wittgenstein sur le jeu et s'attache à définir le mot « temps ». Les 157 emplois inventoriés en langue anglaise montrent une fois de plus que l'usage définit le mot en une sorte de méta représentation, une définition qui malgré son équivocité, s'avère tout à fait suffisante pour l'action. D'un point de vue sociologique, Hazard reformule somme toute l'idée que l'expérience est première et non son objectivation, car tributaire des propriétés du contenu de cette expérience sociale.

---

<sup>375</sup> Une démarche volontaire de réflexion qui s'appliquerait à expliciter systématiquement les règles de constitution de notre savoir.

<sup>376</sup> Paul Alfred Hazard, « A Problem with Wittgenstein's « Family Resemblance » », *Laval Théologique et Philosophique* 31, n° 3 (1975): 265-291,

Ainsi, cette recherche des attributs afin d'en identifier des combinaisons jamais vues ou encore d'attributs donnés d'avance et mis en liens de manière inédite, relève-t-elle d'une quête ontologique dépassée ? Constitue-t-elle des « familles de ressemblance » entre objets, mots ou personnes ? Cette opération technique de structuration à la fois fragmentée et visant un certain niveau de généralisation, veut-elle mettre en relation des usages ? Dans cette thèse, je penche pour cette dernière, une opération de regroupement par une mise en lien des activités et plus précisément de leurs régularités (chap. 7). Pour l'heure, questionnons-nous sur l'efficacité sociale du modèle ML, des limites techniques contournées par une reconnaissance publique grâce à l'appel à des savoirs déjà institutionnalisés qui en faciliterait l'adoption.

## Chapitre 5. L'institutionnalisation du modèle ML

Le modèle ML est une mémoire sociale technicisée définie comme une mise en forme de la mémoire sociale de l'utilisateur par un savoir second, la mémoire sociale des informaticiens. Un raisonnement par analogie transpose certaines des capacités de l'être humain au modèle ML telles que la prise de décision ou la définition et l'atteinte d'objectifs. L'apprentissage consiste à modéliser au sens de trouver un « pattern » engendré par une opération de découpage de son objet et de mise en liens de ses propriétés supposées. En découle, la production de la « bonne représentation » de la situation captée, puis sa généralisation, soit la possibilité de passer à une situation similaire. Le modèle ML est un modèle concret de connaissance du monde au sens où se fondant sur des savoirs savants et ordinaires des chercheurs en IA, il porte sur le savoir que nous engageons dans la vie de tous les jours, le tout en vue de servir de référence à l'action humaine et ce, sous certaines limites.

Les informaticiens en IA engagent des raisonnements propres à diverses disciplines dont la psychologie, les sciences cognitives ou la linguistique. J'ai insisté à plusieurs reprises et notamment au chapitre de méthodologie sur l'aspect relationnel de la connaissance. À ce titre, elles s'acquièrent dans la pluralité de leurs rapports sociaux dont on ne peut pas présumer une origine exclusivement professionnelle.

La gestion appelée par les universités « sciences de la gestion » et les sciences « pures » sont deux autres disciplines par lesquelles passe la conception du modèle ML. Ils sont des catégories de pensées communes aux chercheurs en IA et probablement à l'informatique.

Ces deux catégories sont déjà reconnues collectivement dans d'autres usages, ce qui ne veut pas dire qu'elles le sont de facto pour les algorithmes, du moins au regard des débats actuels de la société civile aussi bien qu'à l'interne sur la scientificité du modèle et sur laquelle porte le chapitre suivant. Cependant, nous ne pouvons pas ignorer la diffusion massive des modèles ML dans les téléphones et les objets ordinaires. Si des réaménagements contractuels entre entreprises et usagers apparaissent ici et là pour la gestion des données personnelles, rien ne pointe vers une disparition de cette forme de calcul. La question de la reconnaissance publique

se formule ainsi : sont-ils le véhicule qui permet de diffuser à grande échelle, aux autres ensembles sociaux une forme de pensée précise et issue d'un groupe spécifique ? S'interroger sur une organisation sociale qui changerait sous l'égide d'une diffusion des algorithmes dans des services et produits du quotidien revient à s'arrêter sur la prévalence des connaissances à l'origine desquelles les algorithmes s'élaborent et qui deviendraient la référence pour agir.

L'institutionnalisation désigne un processus duquel émerge un « ordre collectif d'accumulation des connaissances<sup>377</sup> ». Aussi, est-ce que le modèle ML est une institution ? Dans ce chapitre et le chapitre 7, j'affirme qu'une institutionnalisation est en cours par le biais de savoirs déjà établis en tant que normes et sur lesquelles repose le modèle ML<sup>378</sup>. Autrement dit, l'ordre collectif de connaissances que nous appréhendons par la rencontre des mémoires sociales des utilisateurs avec la « mémoire sociale technicisée » rattachée au modèle ML (chap. 4) se saisit à travers la mémoire sociale des informaticiens dont nous continuons l'étude amorcée au chapitre trois. Ces deux plans d'analyse demeurent indissociables.

## **Le cadre normatif : la norme comme outil cognitif collectif**

Les deux champs en question, gestion et sciences fournissent les règles de mise en pratique des connaissances savantes en informatique, règles déjà connues et reconnues publiquement que ce soit par l'Université, les élus ou les citoyens. Je les formule brièvement à ce stade-ci.

D'une part, l'être humain est une ressource, une idée qui nous est familière, car régulièrement évoquée à propos du département des « ressources humaines » (« RH ») d'une quelconque organisation. D'autre part, les algorithmes sont une autre forme d'écriture de procédures pour « l'agir collectif » qui se joue dans les notions « d'automatisation », « d'industrie 4.0 » et de la dichotomie créatif/non créatif impliquées dans les activités humaines. Ensuite, la scientificité repose essentiellement sur l'usage des mathématiques dans le travail de modélisation, un point qui ne va pas sans tension au sein des informaticiens (chap. 6).

---

<sup>377</sup> Ramognino, *Les normes ...*, *Op. cit.*, p. 33.

<sup>378</sup> Jonathan Roberge de l'INRS (section Urbanisation, culture et société) discute de cette institutionnalisation à travers l'organisation financière de la recherche en IA où il constate parmi d'autres choses que les fonds sont contrôlés au Québec par un groupe restreint de personnes. Conférence du 10 avril 2019, *Op. Cit.*

Les informaticiens s'approprient la gestion et la science comme formes de connaissance du point de vue de leurs savoirs professionnels. Elle régule la pratique de recherche en IA et bâtit un objet particulier d'abstraction du réel. Toutefois, ces règles ne figent pas la réflexion des chercheurs. Bien au contraire, elles leur permettent de remettre en cause leurs perspectives, ne serait-ce que comme règles méthodologiques dans le débat sur le rapport que le travail de l'informaticien entretient avec celui du statisticien ainsi que sur la question de la reproductibilité des résultats (chap.6). Les rapports sociaux entre ces professionnels sont les modalités de la mise en forme de leur expérience dans le travail de modélisation et à partir duquel les règles s'objectivent. J'aborderai partiellement cette ontologie sociologique d'un social que j'ai peu exploré faute d'une observation participante du milieu.

Enfin, deux autres règles président à la conception des modèles ML. La première relève de l'éthique de l'action<sup>379</sup> en IA dans sa forme prescriptive, l'impératif d'aider un être humain aux capacités limitées et la responsabilité de l'informaticien envers les usagers. Quant à la créativité mise en avant par certains chercheurs, elle se rattache à l'aspect esthétique<sup>380</sup> du travail de tout salarié en référence à celui du travail de chercheur.

Cette rhétorique justificative de la recherche ne doit rien à un dessein longtemps pensé d'avance ou à une vocation enracinée depuis l'âge tendre. Je débutais toujours l'entretien par une question sur le parcours professionnel suivi. Pour Jean G., c'est un livre trouvé dans « un centre culturel universitaire », un mouvement collectif d'intérêt pour l'IA à son époque, des parents soucieux qu'il gagne bien sa vie et un financement arrivé à un moment opportun. L'attrait de l'IA chez Paul S. a grandi lors d'un projet de recherche offert par sa directrice dont le sujet fût déterminé par une expérience de travail antérieure sans lien avec ses études. Alena F. estime que son intérêt naquit d'un déménagement dans une nouvelle ville. Diego Z. a découvert la programmation en étudiant en physique alors que Silvia G. se retrouvait à choisir entre deux projets sans pouvoir évaluer la pertinence de l'un ou l'autre. Les expressions respectives de ces chercheurs que sont « c'est un peu une coïncidence », « je dirais que c'est un hasard », « j'ai un

---

<sup>379</sup> Nous nous en tenons à deux dimensions de l'action parmi les cinq identifiées par Nicole Ramognino : Ramognino, *Normes sociales ...*, *Op. cit.*

<sup>380</sup> Ibid.

parcours un peu atypique », « C'était un peu accidentel » montrent que les règles guidant leurs travaux émergent de la contingence de rapports sociaux s'étalant sur plusieurs années, en plusieurs lieux, noués avant, pendant et après les études. Ceci suggère la flexibilité des règles de constitution du savoir plutôt qu'un « plan » préexistant déroulé implacablement par ces professionnels.

## Les « sciences de la gestion »

Pourquoi discuter de gestion à propos des algorithmes et de l'intelligence artificielle ? Établir des liens entre une discipline et une autre est toujours une opération délicate, même exprimée en termes de réappropriation d'un savoir étranger à leur discipline à partir de la pratique et remise en jeu dans le quotidien de la recherche. Lors de la lecture du livre de Herbert Simon « *The Shape of Automation for men and management*<sup>381</sup> », je m'étais posé la question inverse : pourquoi Simon parle-t-il de gestion quand le sujet porte sur l'automatisation du secteur tertiaire par des programmes informatiques d'aide à la prise de décision et qui aujourd'hui relèvent de l'IA ou du moins de l'algorithmique propre au traitement des données massives<sup>382</sup> ? Malgré l'intérêt historique de ce livre<sup>383</sup>, je m'attarde seulement sur ce qu'il entend par « automatisation » et qui rejoint ce dont nous avons déjà discuté. L'automatisation concerne un « widening range of “thinking” and “deciding”<sup>384</sup> ». Quant à la recette (“general recipe”) du « mangement decision making », elle suit un schéma désormais familier :

1. Construct a mathematical model ...
2. Define the criterion function ...
3. Obtain emperical estimates of the numerical parameters in the model...

---

<sup>381</sup> Herbert Alexander Simon, *The Shape of Automation for Men and Management*, 1<sup>ère</sup> édition (New-York: Harper TorchBooks, 1965).

<sup>382</sup> Il mentionne une seule fois l'expression « artificial intelligence » qui pour lui s'assimile à la simulation du raisonnement humain. L'AI est un type particulier de programmes au sein de la famille des « programmes heuristiques ». Simon, *The shape ...*, *Op. cit.* p. 86.

<sup>383</sup> Une réflexion sur la place des loisirs, une typologie des arguments de son époque face à l'automatisation, le vocabulaire employé (ex. « transcient », « operation research » « management science ») entre autres choses.

<sup>384</sup> Simon, *The Shape ...*, *Op. cit.* p. 30.



4. Carry through the mathematical process of finding the course of action which, for the specified parameter values maximizes the criterion function<sup>385</sup>. (Simon 1965 : p71)

Aussi, précisons l'idée de cette influence des « sciences de la gestion » au sein de la recherche en IA. Le sociologue Albert Ogien considère que « l'esprit gestionnaire<sup>386</sup> » a gagné peu à peu les façons de faire des fonctionnaires d'État<sup>387</sup>. « L'esprit gestionnaire » consiste pour les fonctionnaires à penser la gestion du point de vue politique en vue d'objectifs économiques où l'État « s'apparente à celui d'un quelconque distributeur de services<sup>388</sup> ». Simon, économiste, présente la gestion du point de vue de l'économie dans le but d'informatiser les méthodes de travail. Si dans les deux premiers cas, la gestion est rapatriée respectivement dans le champ politique et dans le champ économique, je la présente ici du point de vue de l'informatique en vue d'une valeur d'usage pour les ingénieurs et les informaticiens et d'une valeur d'échange pour les entreprises (chap. 8).

La gestion est ce point de passage entre l'informatique et ces valeurs d'usage et d'échange qui façonne une conception de l'action au cœur de laquelle l'être humain est instrumentalisé dans une chaîne de production et de fonctionnement des modèles ML. « Instrumentalisé » renvoie à une ontologie de l'être assimilé à une ressource à l'instar des organisations contemporaines. Elle le définit dans l'usage comme sujet observé et sujet productif et à partir desquels perdurent les débats très médiatisés sur une vie privée compromise.

« L'esprit gestionnaire » se retrouve dans un modèle ML impliqué dans un dispositif de « collecte de données » pour modéliser les activités des uns et des autres, mais dont les applications demeurent variées et ne touchent pas nécessairement au contrôle et à la surveillance politique<sup>389</sup>. Par contre, il s'agit bel et bien de connaître, « [...] pour disposer d'une

---

<sup>385</sup> Simon, *The Shape ...*, *Op. cit.* p. 71.

<sup>386</sup> Ogien, *Op. cit.*

<sup>387</sup> Corinne Eyraud reprendra ce sujet en 2013 à travers une étude sur l'introduction de la comptabilité en partie double par l'État français. Corinne Eyraud, *Le capitalisme au cœur de l'État : Comptabilité privée et action publique* (Bellecombe-en-Bauges (Rhône-Alpes): Éditions du Croquant, 2013).

<sup>388</sup> Ogien, *L'esprit ...*, p. 65.

<sup>389</sup> Sur l'emploi des technologies de l'information et de la communication (TIC), voir les travaux de Yanita Andonova, maître de conférences. Précisions qu'Andonova ne parle pas d'intelligence artificielle dans ces articles. À partir d'études dans le secteur secondaire et tertiaire, la chercheuse note que réseaux sociaux internes (Intranet), téléphones mobiles, SMS, (des outils où l'IA est aujourd'hui omniprésente) exercent des contraintes nouvelles sur le salarié selon trois directions : sa productivité, sa disponibilité et sa visibilité au

certitude qui permet de prévoir les conséquences de ses actes [...] <sup>390</sup> ». L'IA représente, en vue d'une prévision pertinente, « une puissance informatique suffisante de modèles de calculs bien construits », qui « se fonde sur la construction d'un appareil de recueil et d'analyse de données » deux propos sur la gestion et que je reprends à mon compte à partir de la réflexion d'Ogien <sup>391</sup>.

### **Le sujet observé : d'une statique à une dynamique du monde**

L'énoncé suivant suggère que l'être humain dans sa totalité se ramène à un objet d'étude par la recherche en IA: [...] parce qu'au fond l'IA c'est l'étude d'un phénomène. Exactement comme la chimie, il y a un phénomène en physique, il y a un phénomène en chimie, mais **le phénomène en IA c'est l'humain** (Jean G, ingénieur).

Notons qu'une discipline universitaire comme l'économie n'étudiera que la dimension économique des rapports entre êtres humains alors que la sociologie se concentrera sur leurs aspects sociaux, la neurologie sur le cerveau comme organe, etc. Aucun domaine ne prétend embrasser l'entière de l'être humain. Aussi, on peut se demander quelle est la visée de connaissance de la recherche en IA : est-elle d'appréhender l'être humain dans sa totalité ? Ce point déjà souligné au chapitre 3 expliquerait la raison pour laquelle la définition de l'IA ne fait pas consensus.

Les informaticiens des années 1980 destinaient leurs systèmes experts à l'utilisateur. Aujourd'hui, celui-ci devient le point de départ, celui qui produit l'information grâce à laquelle l'IA fonctionne (« maker ») et ce, grâce aux outils du Web mis à sa disposition (« taker »). Désormais orientée vers ce que pense le quidam en lien avec sa conduite, disons que l'IA

---

sein de l'organisation. Ces trois dimensions pourraient être le point de départ d'une étude de terrain sur l'IA et la gestion particulière qu'elle suppose des êtres humains. Yanita Andonova, « De l'invisibilité des dispositifs numériques à la légitimation de la communication en entreprise », *Sociologies pratiques* 30, n° 1 (2015): 43; Yanita Andonova, « L'atelier, l'opérateur et les TIC: De la justification aux figures de compromis », *Questions de communication*, n° 19 (30 juin 2011): 253-68; Yanita Andonova, « Éloge de l'indisponibilité numérique au travail », *Les enjeux de l'information et de la communication* 17, n° 1 (2016). Yanita Andonova et Béatrice Vacher, « Nouvelles formes de visibilité des individus en entreprise : technologie et temporalité », *Communication et organisation*, n° 44 (2013): 5-14.

<sup>390</sup> Ogien, *L'esprit ...*, *Op. cit.*, p. 67.

<sup>391</sup> Ogien, *L'esprit ...*, *Op. cit.*, p. 69.

contemporaine est un système expert de la connaissance de sens commun où sujet observé et sujet productif correspondent respectivement aux statuts de « taker » et « maker » :

À partir du moment où c'est l'humain ... c'est parce **qu'avant, l'IA, on ne la voyait pas beaucoup**, parce que ce qui nous intéressait c'était des algorithmes qui faisaient telle ou telle chose, mais qui n'étaient pas forcément des algorithmes liés **aux raisonnements ou comportements humains**. À partir du moment où [...] tout est « user content delivery », **l'humain est devenu au centre de tous les algorithmes**. Avant les algorithmes ... l'humain ne rentrait pas là-dedans. Maintenant, tout est humain. (Jean G., informaticien)

Actuellement, on est dépassé. **Les sources viennent de tout le monde**. Avant c'était les experts, la connaissance et le « end-user ». Maintenant, **le End-user est au milieu et tout est autour de lui**. Ainsi, ce « end-user » est « taker » de la technologie, « maker », **« maker et taker »** de la technologie, il donne ses opinions, il envoie des « fake news », enfin, bref, je veux dire, il n'y a plus de frontières. (Jean G., informaticien)

Cet intérêt pour la connaissance de sens commun jette un éclairage nouveau sur le développement de logiciels dans l'industrie. Le statut de « maker » et « taker » dessine un rapport conçu par les informaticiens de l'ordre du « don<sup>392</sup> » entre usagers et les propriétaires des logiciels<sup>393</sup>, le « don » d'informations sur l'action exécutée et le résultat de cette action (ex. écrire et écrits – traces).

De là, pouvons-nous aller jusqu'à dire que l'humain est un sujet d'observation ? Il semble que oui en « planning » où selon le problème étudié et les objectifs poursuivis par le chercheur, l'humain adopte ce statut :

On a besoin que le robot observe les comportements de la personne. On va être capable de **reconnaitre ses activités**. Une activité ça peut être « J'ouvre un garde-robe », « je prends un verre d'eau », « j'allume un rond sur le poêle » pour après ça détecter **les actions qu'elle fait et c'est quoi le plan** qu'elle est en train de suivre. Donc, il y a trois ou quatre choses. C'est **reconnaitre les activités** pour après cela en **déduire le plan** qui est suivi par la personne. Le plan s'explique par **un but**. Donc, si la personne est en train de préparer une recette, ça, c'est son plan. Son but est d'avoir un gâteau pour manger. Une fois le but spécifié, on peut après voir **quelle est**

---

<sup>392</sup> Au sens commun d'un acte non rémunéré. Voir la conclusion de la thèse où je suggère une analyse de cette forme d'économie en termes de réciprocité.

<sup>393</sup> Rappelons que nous entendons par « logiciel », un code informatique qui articule les algorithmes dits « IA ». Facebook peut être regardé comme un logiciel qui aide les gens à se mettre en rapport les uns avec les autres.

**l'intention de la personne, qu'est-ce qu'elle va faire plus tard.** (Manuel T, informaticien)

En effet, l'action devient calculable et on l'a vu selon une individuation qui par ailleurs passe par d'autres ensembles sociaux ramenant le modèle ML à une mémoire sociale technicisée. Cette connaissance de sens commun repose sur des actions orientées vers un but, tant celles de l'utilisateur actif sur son mobile que les gestes qu'ils posent dans son quotidien. Le schème actanciel décrit par Michel Berthelot<sup>394</sup> et que tente de capturer le modèle ML consiste à dire qu'un ou plusieurs acteurs produisent des effets (« e ») par leurs actions (« a »). L'ensemble des effets constitue le phénomène ou l'activité (B) (ex. prendre un verre d'eau) intégré dans un ensemble plus large appelé « situation », équivalente au « plan » (« S »):  $(\sum a \rightarrow \sum e) \rightarrow B \rightarrow S$ . L'intention humaine se réduit au but en informatique. « Effets » et « actions » sont des données, les traces de ce qui se passe alors que le « plan » est calculé par le modèle (« déduit » de la captation).

En revanche, ce statut de sujet d'observation est-il préservé dans le cas d'algorithmes d'IA utilisés pour détecter les vibrations d'une machine (ex. Diego Z.), surveiller les ondes cérébrales d'un patient (ex. Alena F.) ou dessiner une pièce d'avion (ex. Silvia G.) ? La réponse est affirmative au regard de la notion d'activité et d'une action tant de la part du modèle ML que de l'humain subordonnées à la « récolte » continue de données d'entrées et de leur traitement. Enregistrer des vibrations, les analyser et éventuellement demander à un algorithme d'intervenir relève d'une approche en matière de maintenance des machines-outils qui exige une organisation du travail pensée au moment de la conception de l'algorithme et centrée sur la collecte des traces d'actions humaines. De même une tumeur colorectale n'est pas une activité, mais sa détection par le modèle ML s'insère dans un ensemble d'actes menés par des professionnels et formalisés dans une chaîne de traitement de l'information. Non seulement le résultat des actes des employés impliqués a été enregistré de façon à pouvoir retracer leurs séquences, mais la rationalisation de leurs actions, les raisonnements menés prendront en compte l'existence d'algorithmes dans le cheminement suivi.

---

<sup>394</sup> Berthelot, *L'intelligence ...*, Op. cit., p. 76.

Le sujet observé est en même temps le sujet productif, et ce, en vue de conférer à l'action une propriété précise, « une action optimisée ». Une administratrice, Laurence F. nous disait à ce propos :

Ensuite, **l'optimisation peut être l'objectif** en soi. Par exemple, gérer tous les feux rouges de la ville de Montréal en disant que je veux minimiser le nombre de morts, minimiser le temps de trajet moyen, que personne n'ait un trajet de plus de 5 heures, etc. Puis, on lui dit « voilà toutes tes données, maintenant, tu m'optimises les cycles de feux rouges de façon à atteindre les objectifs que je t'ai donnés ». On peut aussi considérer la phase d'apprentissage d'un réseau de neurones comme une optimisation mathématique. Donc, oui, **le terme d'optimisation, on va le retrouver à beaucoup d'endroits**. C'est un terme très général.

L'optimisation consiste notamment à réduire l'erreur sur le résultat. Toutefois, un résultat mathématiquement optimisé ne se délimite pas clairement d'une action humaine « optimisée ». En effet, l'action humaine assimilée à ce qu'il en reste, soit sa trace sous la forme de données, se quantifie dans des calculs optimisés qui invitent à de nouvelles actions à leur tour captées. À la connaissance encyclopédique, s'ajoute la saisie du monde en mouvement, en grande partie grâce aux progrès de l'électronique appliquée aux capteurs. Au cumul de traces comme description statique du monde, la résultante des actions, la première forme d'observation de l'humain par lui-même jusqu'au milieu des années 2000, s'ajoute désormais l'enregistrement et l'analyse de la dynamique du monde. Elle donne lieu à une objectivation de l'action déposée sur disques durs en vue de nouvelles actions initiées par les modèles ML et l'humain, à leur tour enregistrées dans une boucle récursive dont la mémoire sociale technicisée exprimait la dynamique. Ainsi, le rapport au « don » avec l'IA se double d'un rapport de production continue où l'optimisation de l'action ramenée à la trace sur laquelle s'exerce le calcul se traduit par l'optimisation d'un résultat qui ne trouve sa signification que dans la prise de décision et l'action qui s'en suit.

### **Le sujet producteur**

L'utilisateur devient producteur selon deux perspectives. Il optimise son action et donne un sens au résultat au regard desquels il sera évalué par les décisions qu'il aura prises.

D'un point de vue mathématique, l'optimisation ne concerne pas directement l'action humaine :

Une fonction coût pourrait **inclure une variable sur l'erreur, une variable sur le coût économique, une variable sur l'intelligence du système**, etc. Donc, on crée une fonction coût, on essaye de la maximiser ou de la minimiser. On va changer les paramètres du système pour optimiser son fonctionnement pour **minimiser l'erreur** par exemple. On va simplifier la fonction coût à seulement l'erreur, l'erreur de position. C'est ça, l'optimisation versus la synthèse. L'optimisation, je prends les paramètres qui sont là, j'ai un robot [REM. Il dessine] ok. J'ai le modèle mathématique de ce robot-là. Je sais quelles sont toutes les valeurs que je rentre dans toutes les articulations pour qu'il fasse une certaine trajectoire. **Je veux éventuellement réduire l'erreur sur la trajectoire que le robot fait versus la trajectoire que je veux faire.** (Silvia G., ingénieure)

Cependant, la même question « Qu'est-ce que l'optimisation dans votre travail ? » donne lieu à d'autres réponses sur la capacité à prévoir, la minimisation de la consommation d'énergie ou de production de déchets :

Ce que j'espère optimiser est la planification de la maintenance des machines. [...] L'idée est que si mon algorithme fonctionne comme il faut, l'optimisation que l'on va en tirer pour l'entreprise, par exemple est de dire « Ok, la machine va briser bientôt, **il va donc falloir prévoir** une maintenance ». [...] peut-être serais-je capable de leur dire « voici la liste des pièces les plus susceptibles d'avoir causé le bris. Donc, eux vont savoir quoi regarder en premier. [...] La maintenance va être moins longue, donc le downtime est optimisé. Il est moins long, les maintenances sont prévues d'avance donc sont probablement plus rapides. Donc même s'il y en a plus, elles vont être plus rapides de sorte que ça va être meilleur pour l'entreprise. C'est meilleur aussi pour **la réduction des rebuts** donc les pièces manquées. C'est quand même bon environnementalement au sens s'il y a moins de rebuts, il y a moins de pièces jetées. Ou, il y a **moins d'énergie perdue** dans le recyclage des pièces [...].

Des algorithmes efficaces rendent les êtres humains efficaces où l'efficacité se rapporte à l'optimisation dans le cas ci-dessous :

Pour que **les agents soient plus efficaces [êtres humains]**, on a besoin des algorithmes qui vont générer de meilleurs plans. Il y a toute une préoccupation pour l'environnement qui est parallèle à ça dans ma vie. Donc, **contribuer à faire des algorithmes plus efficaces, du moins qui feront en sorte que les agents soient plus efficaces.** On trouve des chemins les plus courts, **on essaye d'optimiser la gestion d'énergie.** Le côté optimisation m'a attiré et c'est un peu pour ça que je suis arrivé dans le domaine de l'IA (Manuel T., informaticien)

De l'observation des actions humaines à leur optimisation s'intercale la prise de décision, le souci premier des « sciences de la gestion », puisqu'il s'agit d' « accroître la certitude quant

aux conséquences des décisions que l'on prend<sup>395</sup> », la réduction de l'ambiguïté selon Francis Pavé<sup>396</sup> :

Le rapport est [avec l'optimisation] que l'on va parler des **sciences de la décision** et puis, **prendre des décisions**, c'est avoir un ordinateur à côté de nous qui va faire des simulations. Donc si on lui dit, « change-moi ça, ça et ça », « à partir du modèle, qu'as-tu comme résultats ? », ça peut nous aider à **explorer un peu**. Après on peut aussi dire à l'ordinateur « regarde, je rentre chez moi ce soir, explore-moi tout ce que tu peux faire avec ton modèle, puis montre-moi les trucs que l'on peut sortir à l'autre bout, puis je reviens demain matin pour voir ce que tu as sorti comme calculs ». Oui, c'est de **la simulation, mais c'est aussi une façon d'aller explorer tous les trucs possibles**. Quand l'environnement à explorer est trop grand, on est obligé de choisir ce que nous allons explorer, un peu comme dans un jeu d'échec où on ne peut pas tout explorer. **On regarde juste les endroits qui ont l'air d'avoir le plus grand potentiel**. Puis, là, on commence à optimiser. On a des ressources limitées, « Que peut-on faire pour tirer le plus possible de ces ressources ? », **des ressources de calcul pour obtenir des propositions, des scénarios pour prendre des décisions**. Ça, c'est quand on optimise le système. Mais il y a aussi le système qui aide à rendre des décisions. (Laurence F., administratrice)

On remarque que l'utilisateur confère un sens a priori à la recherche menée, il « *regarde juste les endroits qui ont l'air d'avoir le plus grand potentiel* », ce qui nous amène au deuxième aspect, sa position de producteur des significations dans la chaîne de traitement des données.

### **Le sujet producteur dans la chaîne de traitement des données, informations et connaissances**

La gestion du point de vue de l'informatique possède son traitement des traces, actions ou effets de l'action assimilés à la « connaissance », à la « donnée » et à l'« information ». Ces termes désignent à la fois ce que manipulent les algorithmes et ce qu'ils produisent. Leur étude relève de l'ingénierie des connaissances<sup>397</sup>. Les données, connaissances et informations produites par l'IA sont des traces d'opérations de calculs sur les traces des activités menées par les usagers des algorithmes impliqués. La polysémie de ces trois substantifs si l'on en croit nos chercheurs nous en dit moins sur leur définition que sur leur organisation symbolique. Chacun de ces mots n'existe que par rapport à l'autre de sorte qu'ils se plient à un ordonnancement constitutif d'une

---

<sup>395</sup> Ogien, *Op. cit.*, p. 70.

<sup>396</sup> Francis Pavé, *L'illusion informaticienne*, L'Harmattan (Paris, 1989).

<sup>397</sup> Varet Pietri, *Op. cit.*

représentation spatiale métaphorique de production du sens. Pour plus de commodité, j'emploierai le terme « information » dans des propos généraux en référence aux « systèmes d'information », expression communément rencontrée en informatique.

D'entrée de jeu, Alena F. rejette l'usage des mots « connaissance » et « information » qu'elle considère comme très mal définis et propres aux chercheurs en IA :

Je n'utilise pas ces mots-là. « Donnée », oui, tout le temps. [...] Tu vois, ça, c'est beaucoup plus « intelligence artificielle » et c'est beaucoup plus « ill defined ». C'est une des particularités, on va dire « culturelle ». (Alena F, informaticienne)

Son collègue Paul S. a aussi son usage: « Mais moi, je travaille plus avec les données et les connaissances. » (Paul S.)

Même ceux qui n'ont pas besoin de l'appellation IA pensent que la connaissance naît de la donnée:

Comment je vois la chose ? La donnée est plus petite que la connaissance. La connaissance va utiliser les données, mais les données ne vont pas utiliser les connaissances. (Jean G.)

Je dirais que les connaissances, ça va un peu plus loin pour synthétiser ces données (Paul. S.)

« Connaissance », je dirais que c'est un niveau d'abstraction plus élevé [que les données]. Mais encore là, tout est une question de définition. Quand on écrit un article ou un livre, on va définir des termes. Puis après ça, on utilise le terme, on se rabat à ça. Donc, je dirais que cela devient plus ou moins pertinent de bien dégager c'est quoi. (Manuel T)

La connaissance, je dirais que c'est plus représenter les données. (Paul. S.)

L'information demeure mal définie, mais semble s'intercaler entre la donnée et la connaissance :

« Information », je ne suis pas sûr. Des fois, ils parlent de Information Theory et ça, c'est comment encoder l'information. » (Paul. S.)

En informatique, données et information sont deux choses différentes. Généralement, les données sont ce qui est brut, bas niveau. Puis l'information, c'est ce que l'on est capable de dégager de ça. (Manuel T)



Donc, les données contiennent de l'information qui sont reliées à la question de savoir si oui ou non, il y a un zèbre et contiennent de l'information liée à d'autres questions telles que par exemple « y a-t-il du rouge ou non ? » (Alena F)

Pour moi, je vois comme une hiérarchie de concepts dans des données de plus bas niveau, des données brutes, des entiers, des valeurs numériques. L'information est comme un regroupement des données et les connaissances, on peut voir ça comme à un niveau d'abstraction plus élevé. (Manuel T)

J'en fais une [de différence]. Avoir des données, ce n'est pas avoir de l'information. Tu peux avoir de nombreuses données qui ne donnent aucune information sur ce que tu veux. (Diego Z., doctorant)

La donnée non plus n'est pas toujours bien définie : « Je dirais que les données c'est juste comme des faits. Par exemple, ça, c'est une image de chat ou de chien. » (Paul S.) Certains collègues de Paul S. verraient probablement dans la donnée « image de chat » une information ou une connaissance de sorte que je lui demande de préciser qui est la donnée dans son exemple: « C'est l'image. En fait, c'est les deux. C'est l'image et le fait que ce soit une image de chat. »

Elle peut être les deux si la donnée se réduit à ce que l'algorithme prend au départ pour la base de ses calculs:

Maintenant « data » c'est assez clair, ce sont des observations, ce peut être n'importe quoi, mais c'est ce qui est donné en input à ton algorithme. (Alena F.)

De même, la connaissance reste mal définie par la diversité de sa nature:

Alors par les réseaux de neurones par exemple, au début on passe l'image et, avec les neurones, par plusieurs couches l'ordinateur va pouvoir résumer cette image en un vecteur. Je dirais que cette représentation vectorielle, ça, ça serait une connaissance (Paul. S.)

[...] tout ça pour transformer les données en une forme plus utiles pour répondre à des questions. (Alena F).

Et à la question de savoir quel nom on donnerait à cette « forme », Alena F. répond: « *On pourrait dire que c'est une certaine connaissance.* »

De plus, selon Alena F. et Silvia G, la connaissance reste attachée à l'humain:

Mais, je pourrais dire qu'un modèle, qu'une fois que tu as appris à partir d'un modèle, que tu as un certain « knowledge ». (Alena F)

Ce sont tous des niveaux différents. « Connaissances » c'est vraiment la dernière partie. C'est quelque chose que l'on peut utiliser. Les données sont **les données, c'est**

**un fichier** dans lequel il y a des chiffres. Quant à **l'information**, quand vous prenez ces données, que vous les classez, **vous faites des courbes**, etc. vous avez de l'information sur les données. **Une fois que vous interprétez ces courbes** pour créer des règles de design, des règles générales de fonctionnement, là **vous créez de nouvelles connaissances** qui peuvent être utilisées. Ceux donc tous des **niveaux différents d'interprétation de données** finalement. (Silvia G)

Ainsi, se succèdent dans l'ordre la donnée puis l'information, un intermédiaire qui n'est pas toujours utile conceptuellement pour parvenir au final à la connaissance. « Bas niveau », « niveau différent », « données brutes », « hiérarchie », « niveau d'abstraction », « donnée plus petite » élaborent une spatialité métaphorique verticale qui démarre par un « bas » et finit par un « haut ». Les systèmes multiagents utilisés en modélisation et simulation obéissent à la même représentation « en couche » dans un sens communément appelé « Bottom-up<sup>398</sup> ». L'ordinateur est également construit sur cette idée. Les pilotes (« drivers ») assurent le pont entre le niveau matériel (« hardware ») et le système d'exploitation à partir duquel on installe les logiciels dont on a besoin.

En somme, l'espace physique de l'utilisateur s'articule à un « espace en couches » par le schéma actanciel et par les données sur lesquelles ce dernier s'applique ou qu'il produit. Autre manière d'exprimer la métaphore entrée\sortie, cette intersection entre deux espaces rend compte d'une dynamique. Elle précise des points d'intervention de l'être humain. Point de départ de cette verticalité avec les données d'entrée, l'être humain est aussi le point d'arrivée par la production de connaissances, le dernier « niveau d'abstraction », un travail d'interprétation selon Silvia G. De plus, il se situe parfois dans un entre-deux quand il produit de l'information ou juge de la qualité informationnelle des données si l'on suit Diego Z. Toutefois, la substituabilité des termes nous mène à regarder ces étapes comme une possibilité parmi d'autres. Par exemple, Alena F. explique que la « fuzzy logique » autorise l'introduction de connaissance dès la conception que par ailleurs on peut voir selon le même chercheur comme des données d'entrée. Si le statut de sujet observé évoque une posture passive, cette rencontre entre deux espaces

---

<sup>398</sup> L'économiste Joshua Epstein semble être un incontournable. Il est fréquemment cité et désigné comme le pionnier de l'approche dite « générative » appliquée à la simulation en sciences sociales : Joshua M. Epstein et Robert Axtell, *Growing Artificial Societies : Social Sciences from the Bottom-Up* (Washington DC: Brookings Institution Press, 1996).

pose l'humain en sujet actif, ne serait que pour fournir ce qui n'a pu être calculé, la signification des actions captées.

Si les termes « données », « informations » et « connaissances » offrent une certaine flexibilité pour la réflexion des chercheurs, ils élaborent par ailleurs un rapport hiérarchique, un ordre de production des significations ou sens. Cet ordre renvoie au volet organisationnel de la gestion où la « connaissance » serait valorisée en débarrassant l'être humain de tâches répétitives par l'automatisation des opérations cognitives sous-jacentes.

### **La planification : une perspective mécaniste ou procédurale des « activités »**

Le modèle ML contient l'idée de « plan<sup>399</sup> » et relative à la prévision, la prise de décision et l'action. Or, l'écart entre abstraction et indexation au regard de l'incomplétude de la règle (chap. 4) se reformule à l'aide d'une critique sur cette version informatique du « plan » dans la mesure où selon Pascal Béguin et Yves Clôt, docteurs en ergonomie et psychologie respectivement, les informaticiens ne peuvent « [...] rendre compte de l'effectuation de l'action à partir de savoirs préexistants (les plans de la psychologie cognitive computationnelle ou les normes de la sociologie fonctionnaliste)<sup>400</sup> ». Autrement dit, il existe un plan avant l'action qui sert de guide et un plan après celle-ci qui la rationalise, mais aucun ne rend compte de l'action effective<sup>401</sup>. En résumant Livet<sup>402</sup>, nous ne cherchons pas l'exhaustivité pour agir, nous acceptons un fonctionnement jusqu'à preuve du contraire où la défaillance donnera lieu à une révision pendant ou à postériori :

Or si les individus font fonctionner le social en fonction de leurs simulations, ces simulations n'ont pas à être complètes, c'est-à-dire soit bien définies, soit d'un flou dont les limites restent bien définies (comme c'est le cas des probabilités, et aussi de la fonction d'appartenance en logique floue). Elles peuvent rester incomplètes : leur complément et leurs limites peuvent ne pas être bien définis. Cela n'empêchera pas

---

<sup>399</sup> Voir la section sur le sujet observé et le chapitre 3.

<sup>400</sup> Yves Clot et Pascal Béguin, « L'action située dans le développement de l'activité », *Activités* 01, n° 2 (2004), p. 38.

<sup>401</sup> Ibid., p. 37

<sup>402</sup> Pierre Livet, « Cognition et sciences sociales : le paradigme de l'incomplétude », in *Sociologie et cognition sociale*, par Nicole Ramognino et Pierre Verges (Publications de l'Université de Provence, 2005), 256., p. 183, 184

qu'elles soient efficaces.. Il suffit en effet que chaque individu pense que « par défaut » ses simulations sont correctes, et qu'effectivement elles soient correctes par défaut, pour que les comportements observés soient compatibles avec ses simulations<sup>403</sup>.

Manuel T. introduira en planning le terme « activité » déjà mentionné. La démarcation entre « activité » et « situation » n'est pas claire dans les entretiens, l'un se substituant à l'autre. La situation contient une ou plusieurs activités. Il semble aussi que l'activité regroupe plusieurs situations dont les points en commun constituent ce que Beguin et Clot appellent « les invariants ». Les chercheurs tenteraient-ils de les modéliser ? Mais quelle place accorder alors aux invariants dans « une régularité sans répétition » selon l'heureuse formule de Guillaume Garreta<sup>404</sup> et qui fait toute l'histoire de la sociologie ? Ceci nous amène à la question suivante : planifier revient-il à trouver les invariants, puis à les réorganiser, à les modifier le cas échéant en vue d'une optimisation de l'action ? Le chapitre 7 aborde la réponse à une quête des invariants sous l'angle du processus et de la régularité sociale. Ici, les invariants sont relatifs à des actions ordonnées selon une séquence précise. Cet aspect mécaniste ressort dans les notions d'« automatisation » et d'« industrie 4.0 » étroitement liées à une discussion sur la créativité. Il s'agit d'établir des procédures de fonctionnement des êtres et des choses, ce qui en gestion relève de l'analyse dite « fonctionnelle<sup>405</sup> » lors de l'implantation de système informatique. Notons que pour les besoins de ce chapitre, nous confondrons la mécanisation avec l'automatisation.

## Le travail d'ingénierie : l'automatisation et l'industrie 4.0

À la base, l'automatisation part du traitement des données qui, rappelons-le, est :

[...] c'est un peu ça l'idée du **Big Data**. C'est d'**accumuler le plus de données possible, de trouver des patterns dedans, de prédire des conséquences** de tout ça ... C'est là que l'IA intervient. Le faire de la façon le **plus automatique possible**. Il y a tout le domaine du **machine learning**. En machine learning, on apprend par des exemples. Si on a beaucoup de données disponibles, on espère faire un meilleur apprentissage. Là-dedans, il n'y a rien de nouveau à part la **quantité de données**, la **puissance de calcul** des machines et puis **l'évolution des méthodes** qu'on a. On fait de la recherche pour découvrir de nouveaux algorithmes et lorsqu'on prend ces trois facteurs ensemble, les possibilités explosent. Et ça va continuer. (Manuel T., informaticien)

---

<sup>403</sup> Ibid., p. 183.

<sup>404</sup> Garreta in Ogien, *La régularité ...*, Op. cit., p. 137

<sup>405</sup> Voir renvoi au chapitre de méthodologie sur le métier d'analyste fonctionnel.

Alena F. pense que l'automatisation portera sur de nombreux secteurs économiques, notamment en logistique :

Oui. Il est certain que l'on ne sait pas si c'est dans 10, 20 ou 30 ans ce que deviendra la tâche de faire du transport. Un exemple d'emploi en ce moment, on prend des trucs et on les transporte en camion à un autre endroit. **Tout cela pourrait être automatisé. Avoir un robot qui est capable de prendre un truc, de le manipuler, de le mettre dans une voiture qui se conduit elle-même et se rend toute seule, tout ça peut être automatisé.** Tu n'as pas besoin d'une intelligence générale pour faire cela. Ça va arriver et tous les gens qui travaillent là-dedans, il va falloir qu'il se trouve un nouvel emploi. Il y a beaucoup de trucs qui vont pouvoir être automatisés. (Alena F., informaticienne)

L'industrie 4.0 est plus large que la notion d'automatisation. Elle réduit la place du « hasard » dans les activités :

C'est une prolongation de l'automatisation dans le sens où ... c'est un moment où l'automatisation est poussée tellement que l'on a l'impression qu'il y a un saut qualitatif en plus. Les usines deviennent des environnements encore plus numérisés. On peut **suivre vraiment dans le détail les choses qui se passent.** Il y a de moins en moins de choses qui sont laissées au hasard peut-être aussi. (Laurence F., administratrice)

Cette automatisation assure la mise en communication des différentes entités. L'« usine », le « fournisseur » et le « camion » sous-tendent l'idée de coordination :

L'industrie 4.0 est une question de **numérisation, optimisation du processus**, mais il y a aussi une **notion d'interconnexion**. C'est les informations qui transitent entre **l'usine, le fournisseur, le camion** qui va transporter la matière. Il va y avoir des **prédictions, des prévisions** autour de tout ça, est-ce que telle pièce je vais pouvoir l'avoir ? Il y a un moment où on pourrait se dire que c'est la continuité de l'optimisation. Il y a peut-être aussi ..., c'est devenu tellement de l'optimisation, **ça a avancé tellement loin de ce côté-là que c'est devenu quelque chose d'autre.** De la même façon, on pourrait dire qu'un réseau de neurones, c'est des stats, c'est un modèle statistique ou que c'est de l'optimisation. Par contre, c'est devenu tellement spécialisé dans cette voie-là qu'on peut raisonnablement considérer que c'est un domaine à part. (Laurence F., administratrice)

L'industrie 4.0 serait « une révolution cognitive » :

On s'en vient dans une nouvelle révolution industrielle qui, en plus, n'a pas de comparaison. Avant on augmentait **la puissance mécanique**, mais ici **on augmente la puissance cognitive en automatisant des tâches répétitives, cognitives.** (Jessica M., informaticienne)

Mon espoir est **qu'il ne soit pas trop tard pour faire une bonne révolution industrielle**. La **machine à vapeur** a amené des conditions terribles pour les mineurs, la **robotisation** a amené des conditions de travail difficiles, notamment les conditions de sécurité de travail avec les robots, des gens avec des bras coupés ou des choses comme ça. On ne **pourra pas empêcher que la révolution cognitive fasse des dégâts cognitifs**. (Jessica M., informaticienne)

« Suivre vraiment dans le détail les choses qui se passent », « automatiser » la répétition existante de l'action humaine, réduire la place du hasard dans un monde d' « interconnexions » sont les idées sous-jacentes au modèle ML.

Dès lors, la « connaissance » placée au sommet de la chaîne de traitement des données ouvre-t-elle de nouvelles possibilités en matière de « créativité », elle-même partie intégrante de cette « puissance cognitive » née de la planification et de l'automatisation, posées, semble-t-il, comme l'objectif final d'une informatique en grande partie tournée vers l'économie, axée sur la mesure et la quantification grâce à la modélisation ? J'analyserai cet aspect incommensurable relativement à la coexistence d'un vécu professionnel avec celui d'un discours prospectif sur un monde du travail où l'employé donnera un sens à ce qu'il fait grâce à l'automatisation de tâches ennuyeuses. Le discours courant des gestionnaires d'entreprises sur l'innovation a-t-il pour pendant celui sur la créativité de la part des informaticiens ? Nous verrons que les propos de ces derniers relèvent davantage du progrès que de l'innovation.

## **La créativité, une fenêtre sur le monde de l'entreprise**

Les entretiens ont été l'occasion de noter plusieurs aspects du travail de professeur-chercheur en informatique, et pour beaucoup communs à toutes les disciplines universitaires. Citons leur relative indépendance intellectuelle et organisationnelle, le défi que représente la gestion de nombreux étudiants, le travail de collaboration avec les collègues, la pression à publier, l'importance d'aller vite et d'être original ainsi que l'acquisition continue de connaissances, l'enthousiasme pour ne pas dire la passion envers leur travail si je juge du nombre d'heures hebdomadaires effectuées. Aussi, je me pose la question suivante : ces aspects, constituent-ils autant de cadres sociaux au sens où Halbwachs l'entendait à partir desquels les chercheurs se remémorent leurs expériences professionnelles pour l'engager dans l'expérience du travail de conception de l'IA sous la forme de l'autonomie, de l'aide à l'être humain, de la prise de décision,

de la créativité et du sens donné au travail, de l'apprentissage continu, de l'incertitude sur la connaissance produite, mais aussi de l'efficacité et de l'utilité de l'action ainsi que de la notion de problème ?

Les chercheurs insistent sur la créativité en ingénierie où comme mémoire de leurs pratiques, elle les conduirait à présenter un avenir plutôt heureux de la diffusion massive des modèles ML. Quel que soit le lieu et le moment où des idées intéressantes leur viennent à l'esprit nous disent-ils, « Sous la douche », « dans une piscine », « sur une nappe de restaurant », « la nuit », tous rejoignent Jean G. qui pense que « Les chercheurs ont besoin de créativité et ils ont besoin de milieux créatifs. » Silvia G nous éclaire sur la vision d'une créativité en relation étroite avec le « problème » :

**La créativité c'est la façon dont tu vas résoudre le problème**, quelle façon tu vas l'aborder, quel outil tu vas utiliser, quelle technique, quelle méthode. Ils [les étudiants] apprennent plein de choses. Mais après cela, comment les appliquer, les adapter ? Donc, c'est un métier très créatif. Ce n'est pas de la comptabilité, être ingénieur. **C'est toujours résoudre un problème, et pour résoudre un problème, il faut être créatif.** (Silvia G)

Pour cette professeure, l'espace socio sémantique de la recherche universitaire prend le pas sur les espaces sociaux de la gestion et de l'industrie quand la créativité est en jeu. Il fera passer l'intérêt de l'étudiant avant celui d'une entreprise cliente, car insiste-t-il « Être ingénieur c'est être créatif. ».

Pour la compagnie, je vais simplement leur trouver quelqu'un d'autre. Le projet de la compagnie était très spécifique alors que lui [son étudiant] qui voulait faire juste une maîtrise, **a décidé de faire un doc. On va donc te sortir de là, on va te donner la liberté que tu veux**, puis pour la compagnie, je vais m'occuper de trouver quelqu'un d'autre qui fera le travail qu'ils veulent. C'est important. (Silvia G, ingénieure)

Jean G. explique :

Il ne faut pas voir les chercheurs qui sont comme des gens carrés qui sont dans leurs bureaux. On fait de la recherche. **Très souvent, il m'est arrivé d'avoir mes meilleures idées de recherche sur la nappe d'une table de restaurant.** On est en train de discuter, d'avoir du fun, mais là « qu'est-ce que tu penses de ça ? » J'ai plein de copie de nappe chez moi à la maison. Je déchire la nappe et je l'amène. Non, sérieusement. La meilleure idée qu'a eue Gilles Brassard était au Costa Rica et il était en train de nager. Entre deux conférences, il était en train de nager et il a rencontré un chercheur de IBM. Ils ont discuté dans l'eau. Que dirais-tu de ça et de ça ? Et puis, voilà, le BB84 était

né, le fameux algorithme Brassard et Bennett, le BB était né comme ça, dans l'eau. **Les chercheurs ont besoin de créativité et ils ont besoin de milieux créatifs.** Moi avec [un étudiant], je discute tout le temps comme ça, mais ils nous arrivent de prendre un café quelque part au Second Cup et de discuter. Donc, il faut qu'il y ait l'aspect agréable. Aussi, toutes les conférences ont un « social program », un banquet, il y a toujours des excursions. **Il faut que l'endroit où l'on fait la conférence, il y ait matière à visiter. Ça, c'est primordial** (Jean G. ingénieur)

Silvia G. nous explique que les bonnes notes ne mesurent pas toujours de manière fiable la créativité de l'étudiant :

Par contre, les outils, la façon d'aborder le projet, ça on a encore toute **la liberté intellectuelle en tant que « academics »**. Par exemple, j'ai deux projets avec deux compagnies [nom du secteur], ils voulaient développer un outil pour supporter leurs designers dans la conception [nom du produit]. Nous sommes partis de l'idée qu'ils voulaient avoir, mais la façon de le faire, on utilise la vision artificielle, c'est nous qui décidons avec l'étudiant. C'est pour cela que c'est important **d'avoir de bons étudiants ou des étudiants créatifs**. La moyenne obtenue au bac est en général un bon indicateur, mais ce n'est pas obligatoirement. J'ai des étudiants qui ont eu des moyennes un peu moins fortes, mais qui ont fait de l'excellent travail.

Si je présume que cette créativité participe du sens que les chercheurs donnent à leur travail, ce sens manquerait à l'employé moyen selon Jessica M et Joshua Bengio, tous deux informaticiens. Or, un travail qui a du sens pour un salarié, est-il nécessairement créatif ? À priori, non. Cependant, dans un monde de « problèmes », rappelons que « La créativité c'est la façon dont tu vas résoudre le problème » (Silvia G.). L'automatisation, expliquent Jessica M et J. Bengio, libère l'employé de problèmes triviaux, ces tâches répétitives et peu gratifiantes. Elle lui permet de se concentrer sur des travaux plus difficiles, non répétitifs, en somme des problèmes qui exigent une imagination que n'a pas la machine, celle de trouver des solutions originales.

Jessica M. pense qu'une fois l'efficacité organisationnelle atteinte, le travail prendra tout son sens. Pour ce faire, elle préconise l'automatisation des « tâches cognitives répétitives », la règle que se donne cette chercheuse et dont elle envisage une application généralisée, à suivre par « tout le monde ». La règle deviendrait la norme.

Par contre cette fois-ci comme tout le monde a un ordinateur, **tout le monde pourrait être sur le Machine Learning pour faire plein de choses**. On essaye au maximum d'encapsuler ça au plus simple pour que **tout le monde puisse l'utiliser**. Ça peut être **d'automatiser des tâches cognitives répétitives**. Mon rêve est que la secrétaire dont je te parle puisse [...] ne serait-ce que de parler à la machine, que la machine s'entraîne et que la machine demande si c'était bon et **que la personne puisse en fin de compte**



**se concentrer sur ce qui a du sens.** En faisant cela, il ne faut pas qu'une personne rentre et dise « ah c'est génial, on a automatisé, la porte c'est par là ». Au contraire, que cette personne dise « **Maintenant, tu es quelqu'un de plus efficace, on va te faire un job qui a vraiment du sens** ». La secrétaire va pouvoir organiser des méthodologies, organiser des RDV pour les gens, gérer les RDV [...] c'est vraiment là-dessus que j'insiste. On est dans une **révolution industrielle, cette fois-ci il faut la faire bien.** (Jessica G., informaticienne)

Elle enchaîne à précisant :

[...] si on peut éviter que des gens passent leurs journées à traiter des documents de façon répétitive, à être en fait les gens sur la chaîne de montage sur le plan cognitif, je signe de suite. **Je ne veux pas que des gens passent leur vie à s'ennuyer au travail, parce qu'ils font une tâche répétitive qui a peu de valeur ou ils ne se sentent pas valorisés en tant qu'humains.** Si je suis capable d'automatiser cela et que derrière, **ils sont capables de faire vraiment des choses qui ont du sens pour eux,** leur expertise comme en tant que secrétaire, comment fais-tu des organisations de dossiers, comment fais-tu pour que cela marche bien ? (Jessica G., informaticienne)

À l'instar de sa collègue ci-dessus, Yoshua Bengio, professeur et chercheur au département d'informatique et de recherche opérationnelle (DIRO) de l'UdeM illustre<sup>406</sup> ce regard localisé socialement qu'un chercheur jette sur le travail en général à partir de son expérience au sein de son groupe professionnel et dont j'énumérais les principaux aspects.

J'ai assisté à deux conférences pour le grand public qu'il donna avec ses collègues le 9 février 2018 sur l'économie numérique<sup>407</sup> et le 15 février 2018 lors de la présentation de la déclaration de Montréal sur l'IA<sup>408</sup>. J'ignore jusqu'à quel point son opinion sur le travail salarié contemporain est partagée. Toutefois, la position de ce chercheur ne représente pas une première dans la longue histoire des technologies en plus de nous exposer une préoccupation digne d'un gestionnaire ainsi que sa position sur une économie politique à priori étrangère aux disciplines fondatrices des techniques employées en IA. Enfin, les interventions de Yoshua Bengio rappellent en sous-texte la trame de toute recherche en sociologie, à savoir qu'une technique

---

<sup>406</sup> Je n'en fais pas un cas général même si la créativité est valorisée par les chercheurs interrogés. Je veux simplement donner l'exemple d'un glissement possible afin de souligner les fondements sociaux à la base du raisonnement de Y. Bengio et qui sont ceux d'une créativité valorisée dans le milieu de la recherche.

<sup>407</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, « Conférence annuelle Économie et transformation du numérique » (Conférence et discussion, Montréal, 9 février 2018).

<sup>408</sup> Yoshua Bengio et Martin Gibert, « Vers un développement responsable de l'IA : Soirée de réflexion autour de la Déclaration de Montréal » (Conférence et discussion, Montréal, 15 février 2018).

offre toujours de nouvelles possibilités d'existence tout en fermant la porte à d'autres à venir ou met fin à celles existantes.

L'intelligence consiste en cette capacité à « comprendre » et à « prendre les bonnes décisions » nous dit-il<sup>409</sup>. Notons en passant que pas une conférence à laquelle j'ai assisté ne donnera une définition de l'intelligence en tant que capacité à nouer des rapports sociaux; nous y reviendrons au chapitre 7. L'autonomie de la machine selon Bengio autorise d'envisager prochainement la « libération » de l'homme d'un travail dans lequel les individus ne « s'épanouissent pas » et ne sont pas « valorisés<sup>410</sup> ». Dans un futur vraisemblable, les gens ne travailleront plus « pour l'argent », non plus par « nécessité », mais seulement par « amour » de leur profession nous explique ce chercheur<sup>411</sup>. Yoshua Bengio nous présente une société « libérée du travail comme esclavage<sup>412</sup> ».

Sa valorisation du travail place ce dernier au centre des rapports sociaux où la majeure partie de la population ne travaillerait plus que par plaisir, augurant la disparition du travail à travers l'annonce de la fin de la conception contemporaine que l'on s'en fait. Ce chercheur me rappelle le propos de la philosophe Hannah Arendt sur Marx pour qui, un travail à l'origine des rapports sociaux disparaissait pourtant à terme, et ce,<sup>413</sup> dans une vision historique de moyens de production toujours plus avancés rajouterai-je. Jessica M. rappelait cette progression du « matériel » à « l'intellect », de la donnée à la connaissance en citant la machine à vapeur, la robotisation, puis la « révolution cognitive ».

L'apologie d'un travail intéressant pour tous est celle du sens, de la « connaissance » et fin de compte de l'imagination et de la créativité. À la fatigue et la dureté du travail en usine qui devait être atténué par les machines, suit maintenant un discours sur l'élimination de tâches non

---

<sup>409</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, *Op. cit.*

<sup>410</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, *Op. cit.*

<sup>411</sup> Yoshua Bengio et Martin Gibert, *Op. cit.*

<sup>412</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, *Op. cit.* et Yoshua Bengio et Martin Gibert, *Op. cit.*

<sup>413</sup> Arendt souligne la contradiction fondamentale de l'œuvre de Karl Marx : « Si le travail est la plus humaine et la plus productive des activités de l'homme, que se passera-t-il lorsqu'après la révolution « le travail (sera) abolit » dans « le royaume de la liberté », lorsque l'homme sera parvenu à s'en affranchir ? Il y a chez Marx à la fois « glorification du travail et de l'action » et l'annonce d'une société future sans état, « c'est-à-dire sans action et (presque) sans travail ». Hannah Arendt, *La Crise de la culture*, Folio/Essais (Paris: Gallimard, 1954 (1989)), p. 36., p. 37.

gratifiante sur le plan intellectuel. Néanmoins, l'enthousiasme de ce chercheur l'amène à écarter tous ceux pour qui le travail ne représente pas leur principale activité, ceux qui désirent un travail peu exigeant sur le plan intellectuel, ceux qui veulent un travail qui laisse du temps pour leur famille et des loisirs ainsi que ceux qui ne voient pas dans le travail le nœud de leurs relations sociales.

À la société sans travail de Marx, s'est ajoutée au fil du temps l'idée d'une société avec moins de travail, la fameuse société des loisirs des années 1970 ainsi qu'une société où la nature du travail change par la mise en avant de la figure de l'entrepreneur étroitement associée à la créativité dès le début du 20<sup>e</sup> siècle par l'économiste autrichien Joseph Schumpeter et remis à l'ordre du jour durant les années 1980. Le concept de « combinaison nouvelle », « l'effort créateur de l'agent économique<sup>414</sup> » de Schumpeter, l'avènement de « l'homme sage » de Henri Laborit<sup>415</sup> ou encore l'avenir du travail selon Yoshua Bengio écarte la dichotomie Manuel\intellectuel au profit du couple créatif\non créatif.

À l'instar de Marx, l'organisation du travail pour ce chercheur est un enjeu politique fondamental. Cette utopie techniciste véhicule une critique à propos des « pertes d'emplois », du « renforcement des discriminations et biais sociaux », des « inégalités accrues et concentration du pouvoir<sup>416</sup> ». Elle est aussi porteuse « d'espoirs » suscités par une technologie susceptible « d'améliorations des soins de santé et de l'éducation » et « d'améliorations matérielles pour tous<sup>417</sup> » sans que le lien entre les deux critiques soit clair. Le propos de Yoshua Bengio ne se distingue pas de cette économie de la promesse retrouvée en biologie de la part

---

<sup>414</sup> Je fais référence au chapitre 2 « Le phénomène fondamental de l'évolution économique ». Schumpeter distinguera le travail du dirigeant y compris celui de l'entrepreneur du travail de l'exécutant (salarié ou à son compte), la créativité étant associée au premier statut (voir en particulier p. 26, 27, 78). Joseph Schumpeter, *Théorie de l'évolution économique. Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture.*, Les classiques des sciences sociales (Chicoutimi: Classiques des sciences sociales, 1911 (1935)).

<sup>415</sup> Dans « Biologie et structure », Henri Laborit nous présente une philosophie sociale inspirée du mouvement cybernétique où à partir d'une critique de l'« l'homme faber » et de « l'homme mercantiliste », le biologiste annonce l'avènement de « l'homme sapiens » (l'homme sage). Ce dernier valorisera enfin la connaissance pour ce qu'elle est, rendant ainsi plus efficace son action, dans le cadre d'une évolution qui favorise « l'imagination » et la « créativité ». Lire en particulier les chapitres « Biologie et sciences de l'action », « Biologie et sociologie ». Henri Laborit, *Biologie et structure*, Gallimard (Paris, 1968).

<sup>416</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, *Op. cit.*

<sup>417</sup> Poly- TEA et Montréal NewTech, *Op. cit.*

des entreprises « Biotech<sup>418</sup> ». Souvenons-nous des fameuses « cellules souches » qui faisaient la une des journaux juste avant que l'IA ne prenne le devant de la scène.

Les règles particulières du travail de chercheur dont la créativité et le sens font partie deviennent les normes en tant qu'attentes envers tous les autres ensembles sociaux dans une tournure prescriptive de ce qui est ou devrait être. Les propos relevés rejoignent cette idée d'instrumentation de la norme<sup>419</sup> par un ensemble social selon Nicole Ramognino et rappellent la conclusion de Léo Breiman sur la prise en charge de problèmes complexes par des « non statisticiens » parmi lesquels figurent des professionnels capables de produire cette statistique algorithmique :

La norme est alors instrumentale au service du « progrès » : transformer un réel social insatisfaisant, satisfaire des besoins collectifs dans une situation donnée et rendre rationnel le réel. Elle s'accompagne du développement de groupes sociaux, comme les experts, et les administratifs<sup>420</sup>.

Après la créativité et le sens donné au travail, les chercheurs exposent leur position normative sur un être humain auquel il faut venir en aide.

## **L'aide à l'être humain**

### **La collaboration instituée dans le milieu informatique**

Peut-on voir l'idée d'une « collaboration » entre humain et IA puisée dans une expérience professionnelle où les chercheurs apprennent dès l'université l'importance du travail en équipe pour résoudre des problèmes ? Dès le début de ma recherche, j'ai été frappé par le nombre d'auteurs associés à un article, quelle que soit la spécialité alors qu'en sociologie, l'expérience de l'écriture en solitaire est monnaie courante. Ce point n'étonna pas Alena F. qui répliqua aussitôt « Oui. C'est Humanities versus Science » et rappelant que d'autres domaines de recherche

---

<sup>418</sup> Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, annotated edition (Durham and London: Duke University Press, 2006).

<sup>419</sup> Selon notre compréhension de Jean De Munck et Ramognino, il s'agit « de la règle » qui prévaut au sein du groupe instigateur, mais qui se retrouve étendue à tous ceux qui lui sont étrangers, devenant la norme.

<sup>420</sup> Ramognino, *Normes sociales ...*, *Op. cit.*, p. 29, 30

reposent sur de grandes équipes. Selon les chercheurs interrogés, la collaboration sous-tend plusieurs idées.

La collaboration est une nécessité pour certains. Les chercheurs sont soumis à plusieurs contraintes. Silvia G. prend en compte le temps disponible :

On écrit à plusieurs sinon c'est impossible. De toutes les façons j'ai [nombre d'étudiants] que je supervise, j'enseigne et j'ai des étudiants au bac en projet intégrateur. J'ai des stagiaires de recherche, j'en avais [nombre d'étudiants] cet été. Donc, il n'y a pas 500 heures par semaine que je peux faire.

Jean G parle d'une compétition entre équipes qui exige d'aller vite :

Si on attend de faire tout tout seul, le temps que l'on arrive, il y a une autre équipe qui y est déjà parvenue.

L'avenir de l'étudiant dépend d'un rapport de collaboration avec ses professeurs :

Ce que je veux est de créer un avenir pour vous [les étudiants]. Je ne crois pas en la supervision à pousser les gens. Je pense que c'est juste les faire tomber. J'essaye juste de les supporter et de leur donner cette liberté-là intellectuelle. Après ça, pour certains projets industriels, c'est malheureusement un plus fermé (Silvia G., ingénieure)

Manuel T. nous parle de son rôle de professeur :

Ce n'est pas différent des autres domaines. En informatique, puis je dirais probablement en mathématiques, tous les domaines, à l'université ceux qui font avancer la recherche principalement ceux sont les étudiants. Le chercheur donne des pistes. Nous, on a un certain recul, une certaine expérience. Pour tel problème, on connaît la littérature. [...] On est là pour assister les étudiants gradués, maîtrise et doctorat à les orienter dans leurs travaux. Donc, eux vont cibler un problème précis et ils vont progresser là-dedans.

Jean G. encourage ses étudiants à présenter leurs travaux à l'instar de Silvia G. :

Mes étudiants, je les connais tous. Avec [Nom de l'étudiant], je peux aller très loin. Avec quelqu'un d'autre un peu moins et je vise des conférences moyennes. Je sais que l'étudiant ne pourra pas aller au-delà. Mais, si ça va à la conférence moyenne, alors on monte plus haut. Avec [Nom de l'étudiant] dès le départ, on a visé plus haut, car je sens que l'on pouvait aller très loin. (Jean G., ingénieur)

Oui, la rétroaction de la part d'autres spécialistes et d'un point de vue de la formation pour les étudiants, c'est important, ils apprennent. C'est plus facile d'être accepté dans une conférence ou dans un journal. Donc, ils apprennent à écrire leur premier article, ils apprennent à présenter, ils apprennent à accueillir le feedback, les questions, etc. d'un point de vue de la formation c'est important. (Silvia G., Ingénieur)

« C'est très multidisciplinaire » nous dit Alena F. de sorte que pour elle, le travail de collaboration va de soi :

Je vais dans des conférences en machine learning. Je vais des fois dans des conférences si j'ai fait des collaborations avec des spécialistes dans des domaines d'applications. Quand j'étais à [ville], j'avais fait des collaborations avec des gens en Natural Language Processing donc je suis allé dans des conférences de NLP. Quand j'étais à [ville], j'ai fait des collaborations avec des gens en Computer Vision. J'avais donc des conférences en Computer Vision.

Alena confirme l'importance des étudiants pour la recherche:

Quand j'étais à [Ville], je faisais plus de recherche par moi-même. Là, je suis en transition avec l'enseignement. Je ne fais quasiment rien par moi-même, c'est juste les étudiants. À terme, j'aimerais un modèle, par exemple un collègue à [ville] avait un projet à lui sans avoir d'étudiant dessus, mais bon on verra.

Silvia G. travaille en équipe:

En ingénierie, on a de grosses équipes. J'ai la deuxième plus grosse équipe d'étudiants en [champs de recherche], [...].

De manière générale, le travail en équipe est pratique courante pour Alena F. :

Après, ça dépend des endroits. [...] je viens d'un groupe de recherche où on était très collaboratifs avec les autres professeurs. D'ailleurs, à [nom du laboratoire], c'était organisé par équipe. C'était le modèle standard. [...] Ça peut être juste avec des collègues entre nous. Souvent, on va rajouter des étudiants. [...] Mais, le machine learning c'est standard. Par contre, si on va dans le deep learning, le [nom du laboratoire], eux ont des articles à 8, 9, 10 auteurs. La raison est qu'il y a énormément de travail à faire. Il y a énormément d'engineering, de codage. Ils « splittent » le travail à plusieurs. Ceux sont des problèmes très complexes et en ayant davantage de personnes, ça permet de faire des trucs. C'est comme les trucs en biologie ou en physique où ils sont douze ou cent sur un papier parce que ceux sont des mégas systèmes, des systèmes très compliqués.

La collaboration ne suppose pas toujours de travailler à plusieurs, mais de partager son savoir. Manuel T., informaticien:

La majorité des chercheurs sont pour le partage des connaissances. Le financement public que l'on obtient du gouvernement, généralement tout ce qui découle de ça, on le partage librement. Il y a même des gens qui écrivent des livres qui sont ouverts. En informatique et en IA, le mouvement Open Access, Open Data est très fort. On partage les connaissances et même parfois, les articles vont être disponibles gratuitement. Les bibliothèques des universités font face à des hausses de coûts drastiques des éditeurs, des Springer, Elsevier et toutes les autres. Il y a de plus en plus de créneaux ouverts.

On va partager la publication et le contenu de la publication évidemment que quelqu'un peut le reproduire. Le code, le programme informatique que l'on implémente, les algorithmes sont souvent disponibles en codes sources ouverts. C'est de plus en plus requis.

Le système de reviewing est ouvert. En fait, dans la communauté de Machine Learning, c'est super important l'Open Source, Open Publishing, etc. (Alena F., informaticienne)

Voilà, c'est dans la même lignée. C'est pour ça que Facebook, Google et compagnie mettent leurs codes en ligne, car pour les gens qui travaillent avec eux, c'est super important. (Alena F., informaticienne)

Manuel T. relativise la collaboration, puisque l'essentiel est de faire avancer la connaissance. Il sous-entend que la collaboration est souhaitable même si elle n'est pas toujours possible, l'important pour ce chercheur en planification étant d'atteindre le but fixé :

Il faut voir ce qu'est notre mission en tant que prof. On est évalué sur trois choses : l'enseignement, la recherche et ce que l'on appelle le service à la collectivité. [...] La mission de l'université est de former des gens, transmettre des connaissances. Pour les étudiants de maîtrise et de doctorat, si c'est eux qui vont faire par exemple, les expérimentations, qui vont coder les programmes et que moi, je les accompagne, eh bien on fait avancer le domaine. Donc, que je le fasse avancer de façon individuelle ou que ce soit eux qui m'aident à progresser, ça revient au même du point de vue de l'objectif. Ce qui compte est l'objectif final, de faire progresser les connaissances. J'ai ma façon de travailler, d'autres ont d'autres façons de travailler. Ça dépend des étudiants que l'on peut avoir. Donc en informatique, le recrutement est très difficile. J'ai des collègues qui ont peu d'étudiants, parce que c'est difficile à recruter et qui vont faire beaucoup de travaux seuls. Ils publient des articles sans avoir nécessairement d'aide ou même avec d'autres chercheurs. Ce n'est pas exclu que je puisse faire un travail avec un collègue et sur le papier il y a juste nos deux noms. Ça peut être une façon de procéder. Je peux aussi faire un article avec un étudiant ou même plusieurs étudiants. Je vais en avoir 4 ou 5 et je vais mettre mon nom à la fin. J'ai supervisé le tout, je les ai accompagnés.

La collaboration rencontre aussi des limites économiques:

Au [nom du laboratoire], par exemple, ils vont mettre des codes disponibles, vont publier des articles très définis sur « J'ai utilisé un algorithme pour reconnaître des images ». Ils vont même expliqués exactement ce qu'ils ont mis, comment ils l'ont codé, chaque « feature » précis va être écrit. Donc, on peut recréer le code ou carrément aller sur leur page pour voir comment eux l'ont fait. Mais eux, c'est vraiment parce que c'est basé sur l'algorithmie. Ils veulent montrer qu'ils sont bons, qu'ils sont capables de faire de l'algorithmie. Par contre, à [nom de l'école], si je fais quelque chose qui fonctionne, ils veulent le garder, ils veulent peut-être faire un patent avec. (Diego Z., doctorant)

Ces diverses conceptions de la collaboration deviennent constitutives d'un rapport de complémentarité entre les usagers et les modèles ML selon ces mêmes chercheurs.

### **L'aide à l'être humain : complémentarité et nécessité**

L'aide est un besoin dans diverses sphères d'activités ou de « tâches » dans les propos cités<sup>421</sup>. De nature prescriptive, l'aide est posée comme nécessaire pour un être humain confronté à ses propres limites telles que le vieillissement ou l'aptitude à manipuler un grand volume de données:

Ce que je fais est que j'aide [tranche précise de la population]. Donc, **ma recherche pourrait beaucoup aider** [tranche précise de la population]." (Paul S., étudiant en maîtrise)

J'ai une vision très pragmatique de ce qu'est l'IA. On était plusieurs experts. [...] C'est quelque chose où il est difficile d'arriver à une définition de l'IA. J'ai une conception très terre à terre. Ce que l'on veut dans le fond est de créer des machines qui sont capables de **nous aider dans des tâches diverses et que l'on n'était pas capables de faire autrefois.**" (Manuel T., informaticien)

Ça ne remplacera jamais un médecin, mais ça **deviendra une aide au médecin à penser à des maladies auxquelles il n'aurait pas pensé**, parce qu'on des conclusions d'un algorithme qui dit « il y a plein d'autres personnes qui qu'en elles ont eu ça, elles ont eu telle maladie ». (Diego Z., doctorant)

L'IA, dans le cadre de mes travaux, c'est vraiment le support, c'est aider l'humain à faire une tâche de façon plus simple, plus facile. **Réduire le nombre de décisions que lui fait.** Que ce soit en conception, l'aider à **mieux interpréter** ou interpréter plus facilement. Il y a certaines choses que l'on fait mieux, mais quand les données sont grandes, **on ne fait pas bien.** Supposons que je vous donne 100 images de structures possibles pour une aile d'avion. Ma capacité d'interprétation, sur 200, 500 ou mille images est difficile, parce que j'aurais l'impression qu'elles se ressemblent toutes. Un algorithme fait mieux ça. Il va faire ça de façon plus rapide et après, **il va me proposer des choses et moi, je vais prendre une décision.** Même chose pour mieux contrôler un bras artificiel, pour mieux concevoir un drone. Pour moi, l'intelligence est là pour offrir un support à l'humain. Je travaille avec des ingénieurs donc **c'est un support à l'ingénieur ou au bénéficiaire de prendre des décisions plus facilement.** (Silvia G., ingénieure)

---

<sup>421</sup> Cette idée n'est pas le propre de l'IA. Depuis les années 1980 existent les logiciels d'aide à la décision, à la conception, au dessin assisté par ordinateur. « assisté » et « aide » font partie du vocabulaire courant depuis longtemps. Les algorithmes d'apprentissage intègrent peu à peu les logiciels spécialisés tel qu'en photographie (ex. Luminar de la société Skylum). Ici, j'explore le rapport de l'utilisateur au modèle ML à travers cette idée d'aide. Skylum. « Luminar ». [www.skylum.com](http://www.skylum.com). Skylum, 2020. Consulté le 3 décembre 2020.



Un des avantages est la vitesse de traitement en plus de faire des choses dont l'être humain est incapable :

Moi, c'est comme cela que je le vois. Je veux que l'algorithme apprenne, qu'il **apprenne le plus vite possible** à reconnaître des images. Je ne veux pas passer 6 ans à faire apprendre mon algorithme. Je veux que très rapidement, il reconnaisse des images, mais un enfant, combien de temps cela lui prend-il avant qu'il reconnaisse une voiture, un camion, un bateau, tous les objets du monde ? **ça prend des années avant de dire qu'il y a une banque de données dans son cerveau assez précise** pour dire qu'il reconnaît la majorité des objets. Et encore, on apprend à reconnaître certains objets que l'on voit dans notre pays, « c'est quoi ça ? » et il faut qu'on se le fasse expliquer. On ne sait pas tout. C'est comme ça le parallèle. On demande à un **algorithme d'apprendre très rapidement quelque chose qu'un humain a pris des années à apprendre**. Pour nous c'est trivial à reconnaître que ça, ceux sont des lunettes ou que ça, c'est une voiture ou que ça, c'est un ordinateur, c'est rendu naturel, parce qu'on le sait. L'algorithme n'en a jamais vu de sa vie, on lui en donne un et on veut qu'il sache de suite que c'est un ordinateur, que c'est un chien, que c'est un téléphone. Aussi on veut qu'en une journée, il apprenne ce que nous avons appris en plusieurs années. Puis, quand on l'applique sur des choses très complexes, on veut **qu'il apprenne à faire des choses que nous ne savons pas faire**. C'est un « step » différent et c'est pour cela que ça prend des semaines, des mois et des quantités de données incroyables. (Diego Z., doctorant)

Puis dans le Big Data, tu as justement beaucoup de données donc tu as l'aspect « computation », « computation » **comment calcule de manière efficace, d'organiser les calculs**. (Alena F., informaticien).

L'aide se justifie par l'élévation de l'efficacité au rang de « principe supérieur commun<sup>422</sup> ». Être efficace est la règle qui guide la production des modèles ML. Sont efficaces les algorithmes (ex. Jean G.), les agents ou un logiciel (ex. Manuel T.), un ordinateur quantique (Alena F.) ou des informaticiens (Silvia G). Les entretiens nous parlent indifféremment de l'efficacité et de l'efficience, de l'atteinte de l'objectif aussi bien que du meilleur moyen pour y parvenir. Cependant, l'importance de l'efficacité doit être nuancée dans la mesure où l'ingénieur Jean G., rejoint par son collègue l'informaticien Manuel T., dit que « Ce n'est pas l'efficacité qui m'intéresse ». Le premier en reste à l'étape conceptuelle (« Proof of concept ») alors que le second laissera à d'autres le soin d'écrire un programme plus efficace, se concentrant ainsi sur

---

<sup>422</sup> En référence à la « cité industrielle » de Boltanski et Thévenot. Luc Boltanski et Laurent Thévenot, *De la justification : les économies de la grandeur* (Paris: Gallimard, 1991).

l'idée première de l'algorithme et à l'origine de l'article publié. Toutefois, ultimement, Manuel T. rappellera que l'objectif de la recherche demeure l'efficacité des « agents » humains.

Le lien entre la notion de « problème » et l'IA suppose une causalité circulaire, disais-je, une rétroaction sur l'ensemble des problèmes. En effet, l'IA réintroduit des problèmes dans le champ des problèmes de départ. L'aide se soumettrait-elle tout comme le problème à une boucle dans laquelle l'IA apporterait une aide et entretiendrait ce besoin d'aide par l'existence des données et la nécessité d'en produire davantage ?

Les données se seraient d'abord amoncelées durant les années 2000 devant un homme spectateur d'un phénomène auquel il ne s'attendait pas. Leur volume aurait justifié un effort particulier en recherche sur l'apprentissage machine que, rappelons-le, tous les chercheurs n'associent pas à l'IA. Les succès remportés par les technologies développées auraient à leur tour autorisé la production toujours croissante de données où l'homme se serait retrouvé en fin de compte dépassé, légitimant une collaboration humain-machines nouvelle.

Au départ, Jean G. et Alena F. rappellent :

Autour de 2008, 2009 il y a eu le Big Data qui a commencé à apparaître ou le data science. D'ailleurs pour IVADO, c'est Data Science et recherche opérationnelle. Je fais souvent des présentations sur le sujet, nous sommes à l' « Information age », on est à l'âge de l'information. [...] Il y a plein de données qui s'accumulent, plein de données c'est pour cela que l'on est dans le Big Data. **Puis l'idée est de savoir comment utiliser ces données pour résoudre des problèmes, pour faire des trucs utiles.** (Jean G., ingénieur)

Tous les domaines de la société, les domaines de la science, des technologies se rendent compte qu'avec les succès du machine learning, **on a des données et que l'on pourrait utiliser ça.** (Alena F., informaticienne).

Inversement, la recherche en IA exige de grands volumes de données:

C'est qu'à chaque fois que quelqu'un pense à appliquer de l'IA, la question revient : **« as-tu des données ? »**, « as-tu des données dans un format intéressant ? ». C'est l'essentiel. Tu ne peux pas apprendre sans donnée. Pour apprendre, il faut énormément de données. (Diego Z., doctorant)

Ce cycle, à la fois nouvelle normativité sociale et problème technique pour le chercheur se légitime par nos capacités limitées de calcul (Manuel T.) :

Depuis les débuts de l'informatique, l'existence de l'ordinateur c'est pour traiter des données en masse. Donc ce qui est relativement nouveau et **qui sera toujours nouveau est l'accélération des données** que nous avons de disponibles. **Les données s'accroissent de façon exponentielle et pour analyser ces données, l'humain seul n'y arrive plus** (Manuel T., informaticien).

L'autre question est que de toutes les façons, **nous sommes face à des phénomènes qui sont tellement complexes qu'ils dépassent la capacité de gestion d'un être humain unique**. On arrive parfois en s'en sortir, parfois on arrive à des résultats **quand on se met à plusieurs et on commence à parler d'intelligence collective, partagée**, quoi que ce soit. Toutefois, il y a **énormément de décisions en environnement complexe ...** la gestion des feux rouges dans une ville par exemple. À l'heure actuelle, ceux sont des ingénieurs spécialisés qui s'assoient sur leurs fauteuils, qui réfléchissent, qui prennent un papier, qui notent, qui essaient et qui disent « Tiens, ça à l'air un peu mieux comme ça ». C'est ça optimiser. Les tournées d'infirmières à domicile ..., à partir du moment où l'on met un ordinateur pour gérer les tournées plutôt qu'un humain avec sa feuille Excel, on se retrouve à avoir 30% de trajets en moins et des patients qui voient plus souvent la même infirmière plutôt que d'en avoir une différente tous les jours. **Parce que le problème dépasse la capacité de traitement d'un être humain. Les opportunités d'optimisation sont colossales.** (Laurence F., administratrice)

Cependant, cette complémentarité ne s'impose pas sans une réflexion sur la responsabilité de l'informaticien :

La machine n'est **pas censée remplacer l'humain**, elle simplement **censée l'aider dans ses tâches ...**, en principe. Sauf que maintenant, c'est de plus en plus invasif donc on se pose des questions. **On se sent responsable quelque part franchement** oui. (Jean G, ingénieur)

### **La responsabilité relative des informaticiens**

Les chercheurs défendent une responsabilité à diverses échelles. Un seul parle de la responsabilité de l'informaticien assimilée à la culpabilité<sup>423</sup>, la singularisation d'une faute dans ses dimensions morales et juridiques rattachée à un professionnel redevable aux usagers de la qualité de son travail à l'instar de l'ingénieur soumis à un ordre professionnel<sup>424</sup>. Pour les autres, la responsabilité est nécessairement collective, celle de l'ensemble social des informaticiens, des ingénieurs, de la « société » et de l'espèce humaine. Un seul la rejette sur le corps des gouvernants, « l'appareil politique » dit-il. « Responsable, mais non coupable<sup>425</sup> » telle est l'idée

---

<sup>423</sup> Je me réfère à la conception politique et sociale de la responsabilité de Hannah Arendt telle que résumée par la philosophe Véronique Albanel, « Pour une politique digne de ce nom », *S.E.R | Études* 5, n° 416 (2012): 629-39.

<sup>424</sup> Notons que les informaticiens n'ont pas d'ordre professionnel.

<sup>425</sup> Albanel, *Op. cit.*, p. 637.

exposée, une responsabilité nécessairement sociale, de par une formation universitaire qui devrait sensibiliser les étudiants aux enjeux, mais aussi en raison des détournements de l'usage et d'usages imprévus où un glissement vers la sémantique du scientifique sert d'argument à nos chercheurs.

Je citais Jean G. plus haut pour qui les informaticiens avaient leur part de responsabilité à l'égard de l'immixtion des modèles dans notre vie privée. Sandra S. pense qu'il faut sensibiliser les étudiants aux effets potentiellement graves de leur travail :

Moi, comme prof. je voyais bien que mes étudiants avaient une culture en informatique, mais qu'ils n'avaient pas une **culture sur la sécurité**. J'ai corrigé leurs travaux, je voyais bien qu'ils n'étaient pas très bons. Ils avaient un diplôme en informatique, ils allaient avoir du travail, et ils n'avaient pas **conscience de leurs responsabilités**, que **la sécurité n'avait jamais fait partie de l'enseignement**. Effectivement, je dis cela en plaisantant, mais ça me faisait peur. [...] J'ai passé en revue toutes les erreurs techniques faites à Fukushima. Je leur dis « vous savez les ingénieurs japonais ne sont pas des imbéciles. Ils sont même extrêmement compétents et ils ont fait telle série d'erreurs qui a été dramatique. Et je vous dis « vous êtes informaticiens, vous allez sortir et avoir un travail, **voilà les erreurs monstrueuses que l'on peut faire et cela a des conséquences gravissimes**. J'espère que vous allez retenir ce cours d'aujourd'hui ». Des étudiants étaient très contents, d'autres étaient ulcérés, car cela ne faisait pas partie du programme, on n'a pas à écouter ce genre de choses. [...] D'autres m'ont dit merci, bravo, etc. D'autres ont protesté en disant de quel droit il nous raconte cela, que ce n'était pas dans le programme. [...] Cette culture, oui, c'est vrai, on devrait avoir cette culture-là, mais **elle ne fait pas encore partie de la culture en informatique. Un ingénieur qui construit des ponts ou des avions a cette culture. Il est tenu responsable**.

Ce même chercheur estime qu'« Il y aura tôt ou tard des informaticiens qui passeront en jugement ». « Fukushima », « un système crucial dont les vies dépendent » ainsi que les services utilisés « dans les hôpitaux, les transports » (Sandra S., informaticienne) se rattachent à des algorithmes très spécialisés à usage univoque où l'informaticien serait responsable au même titre que l'ingénieur, responsabilité partagée précise-t-il.

Deux chercheurs se réfèrent à la recherche sur l'énergie nucléaire et ses applications pour parler des erreurs, des dérives d'usages imprévus et mal contrôlés. Citons Jessica G. :

**Le « nous » sont les gens qui crée une technologie en général.** Par exemple, la technologie nucléaire. En l'occurrence, ils l'ont fait pour de mauvaises raisons. L'énergie nucléaire en soi, les gens disaient que ça allait être plein d'énergie pour tout le monde, on va faire des choses bien, mais on se retrouve avec des **négligences** telles

que celle de la société japonaise dont j'ai oublié le nom qui était majeur, qui avait été remarquée par différents instituts de protection. Après on va dire « Ah, tous ces gens qui font du nucléaire ! ». [...] **j'ai l'impression que l'on écope souvent [...] pour avoir créé la technologie, plutôt que la société ou l'appareil politique qui devraient se regarder dans le miroir** et se dire que c'est eux qui ont mis les politiques en place pour utiliser cela. C'est l'espoir que j'ai et j'essaye de voir cet avenir-là, que **les gens qui soit capable de parler au politique. Ingénieur, je suis scientifique**, je ne suis pas capable de parler à ces gens, je n'ai pas le langage et **je suis complètement désarmé, impuissant** face à cela. (Jessica G., étudiante en maîtrise en informatique).

Cette séparation entre l'usage et l'outil à laquelle s'ajoute la confusion entre la science physique et le développement technologique est-elle une manière de parler de la soi-disant neutralité de la technique ou bien une autre façon d'exprimer que le chercheur n'a aucune prise sur les appropriations ? Précédemment, Alena F. discutait de l'automatisation du transport en référence à l'industrie 4.0. Se pose ainsi une question d'économie politique :

La question est de savoir **qui va contrôler ça, comment la distribution de richesse va se faire**, etc. Pour moi, ce sont des **questions très importantes de politique et de société**. C'est pour cela, qu'il y a quelques semaines, j'ai parlé d'intelligence artificielle à [nom d'une organisation collective importante au Québec], un congrès de [organisations] et je leur disais qu'il fallait commencer à faire des plans politiques pour gérer tout ça. Puis l'autre aspect, c'est que je pense que **la technologie est neutre par elle-même. Comment on l'utilise, ce n'est pas neutre**. (Alena F., informaticienne)

Après « l'humain » et « l'appareil politique », au tour des « gens » d'endosser cette responsabilité, un argument issu du mouvement « Open Source » fondé sur l'hypothèse d'une population familière avec la programmation et d'une accessibilité au savoir réduite à la seule dimension économique et politique de la gratuité<sup>426</sup> :

---

<sup>426</sup> Dans le cadre d'un travail de fin de session pour le cours SOL 6212 donné par Paul Sabourin, j'avais fait l'analyse des significations du mot « Open » dans « Open data » et « Open Knowledge » à partir de plusieurs déclarations publiques militantes (ex. Bethesda, Budapest) et de sites tels que Creative Common. La rhétorique de la gratuité de la part du mouvement Open tente de construire un modèle économique à l'intersection d'une économie du don (donner, recevoir, rendre) et d'une économie de marché. La critique sociale du mouvement Open passe principalement par un discours sur le caractère libérateur de la technologie informatique à travers la résolution technique et collective des problèmes sociétaux comme nouvelle pratique de la démocratie. Le sociologue Sébastien Broca explique : « La référence à une hypothétique « démocratie open source » importe donc indûment dans le champ politique la rationalité technique et scientifique, au détriment de la rationalité proprement politique. Autrement dit, elle néglige le rapport de la politique à l'opinion, considérée en tant que catégorie épistémologique. Ainsi, dans le recouvrement de la doxa par l'épistémé, et dans le remplacement du débat contradictoire par la collaboration en réseau, ce serait bien l'essence des enjeux et des procédures démocratiques qui serait perdue. ». Sébastien Broca, « Du logiciel libre aux théories de l'intelligence collective », *tic&société* 2, n° 2 (2008), p. 98.

Par contre, je sais que ce que je suis en train de créer pour mes concitoyens peut être quelque chose d'extraordinaire tout comme quelque chose d'horrible. C'est pour ça que, c'est presque un appel [nom du projet] était **un projet pour ça, un appel, « sortez-le de nos mains », « Utilisez-le, faites-en des choses »**. « Utilisez-le » dans le sens qui bénéficie à la population, **utilisez-le comme un outil**.

Keras est un excellent exemple, un module python qui a été fait pour que les gens qui font de l'informatique et non pas de l'IA, puisse utiliser l'IA. **Tu peux télécharger Keras et faire de l'IA demain. Le tutoriel est de 40 lignes. C'est formidable.** Si tu as fait un peu de Python dans ta vie. Il y avait un peu cette même idée chez François Joly qui l'a inventé, « prenez-le de nos mains », « utilisez-le », « faites-en sorte que le gouvernement ou n'importe quel intérêt qui a du pouvoir sur la société, qui mettent en place des politiques, **que vous soyez à même de dire que moi je l'utilise pour ça et que je ne veux pas qu'on l'utilise pour ça** ». **Que les gens s'approprient le problème.** Ce n'est pas comme si je disais d'acheter des machines à vapeur et de construire des entreprises. En effet, l'avantage est que tout le monde a un PC aujourd'hui donc **cela ne coûte quasiment rien, c'est gratuit** en fait de télécharger Keras. Tous les systèmes d'AI sont gratuits. **On s'entend que pour l'Open Science, il y a des barrières à l'entrée telles que de bonnes connaissances en maths. C'est pour ça que j'insiste, il ne faut pas que ça arrive dans les mêmes mains que d'habitude.**

L'intermédiation de la science comme espace socio sémantique de référence sert à se dissocier des usages (ex. voir Silvia G sur l'énergie atomique) tout en ne les perdant pas de vue, puisque rapatriés dans le besoin d'aide :

La science doit pouvoir aider la population. Si les chercheurs développent dans leurs coins de belles technologies, c'est bien pour les connaissances, **c'est pour l'avancement de la science, mais si cela n'aide pas les humains, ça manque un peu le but de la science** [...] un des buts de la science est **d'aider la population**, c'est de remplir **ce but qui est bon**. Parce que l'autre but qui est de faire des recherches fondamentales, ça s'est déjà accompli. Ils font de la recherche de leurs côtés, mais il **faut pouvoir l'appliquer dans le public**. (Paul S., étudiant en maîtrise)

Au final, la responsabilité incombe à l'espèce :

**C'est l'humain qui est un problème, ce n'est pas l'outil.** L'énergie atomique est peut-être une bonne idée, la bombe atomique n'en est pas. Personne n'a obligé personne à faire une bombe atomique et à la lâcher sur les gens. C'est la même chose avec l'IA (Silvia G., ingénieure)

Dans un monde appréhendé sous l'angle de problèmes, la rhétorique de certains chercheurs ne fait pas de l'IA un problème, car elle se compare à l'énergie nucléaire. Ceci revient à renvoyer le développement de cette technologie à la physique des particules : « ingénieur, je suis scientifique » disait Jessica M. Or, nous parlons bel et bien d'un outil si on en croit les nombreux usages vantés par les chercheurs eux-mêmes, de par les possibilités de prise de

décisions et d'action qu'il offre. Contrairement à la bombe atomique, le modèle ML n'a pas de sciences « pures » desquelles il découle, du moins directement. Les modèles ML sont l'application d'un savoir lui-même appliqué de plusieurs disciplines, une application d'applications<sup>427</sup>, une ou plusieurs fins constitutives de ce moyen et qui se légitiment entre autres choses par le besoin d'aide et l'enrichissement de notre travail salarié. La question de la responsabilité s'envisage à partir des conditions d'exercice d'une recherche orientée vers ces valeurs d'usage et d'échange (chap. 8) et abordées à la section suivante sous l'angle du type de « science » auquel appartiennent l'informatique et son « esprit gestionnaire ».

En bref, les informaticiens interrogés présentent une responsabilité qui s'arrête aux usages envisagés à la conception. Ils répondent à une éthique de l'aide et du sens dans le travail à partir d'une réflexivité au centre de laquelle ils ont le statut de scientifique et pratique une informatique qualifiée de « science » voir de « recherche fondamentale ». Si certaines conférences confirment cette perception d'eux-mêmes, une dissension subsiste sur les propriétés de la connaissance savantes et professionnelles qui font la scientificité de la recherche en IA (chap. 6).

## **La « science », une autre voie de l'institutionnalisation**

### **La scientificité de la connaissance accumulée par les chercheurs en IA**

Les informaticiens se perçoivent comme des scientifiques, du moins dans les entretiens et les conférences auxquelles j'ai assisté. D'emblée, une difficulté d'ordre terminologique surgit. Prenons le « complexe des sciences » appelé « Le MIL » ouvert par l'Université de Montréal au mois de septembre 2019<sup>428</sup>. La phase 1 abrite les départements de physique, de chimie et de biologie auxquels s'est ajoutée la géographie en raison de l'étroitesse de leurs locaux d'origine. La phase 2 abritera le département de mathématiques et de statistiques ainsi que celui

---

<sup>427</sup> Pensons aux cartes graphiques issues de la recherche en électronique, elle-même reposant sur la physique (ex. physique quantique).

<sup>428</sup> Sous la direction de la société du patrimoine de l'Université de Montréal et du bureau des communications et des relations publiques, j'ai joué le rôle de guide pour plusieurs groupes. « MIL » est l'abréviation de « milieu ». Voir Université de Montréal, « Complexe des sciences – campus MIL », Complexe des sciences – campus MIL, 2020, <https://campusmil.umontreal.ca/>.

d'informatique. Aussi, qu'est-ce que la science quand un bâtiment regroupe une telle diversité de disciplines ? Pourquoi les informaticiens se voient-ils comme des scientifiques ? Ceci est surprenant dans la mesure où il s'agit du développement d'une technologie parmi tant d'autres où disais-je l'informatique est une application de sciences appliquées. L'informaticienne Marie-Jean Meurs a même employé dans une conférence l'expression « sciences dures<sup>429</sup> », peut-être parce qu'à l'instar de Jean-Michel Ganascia, les mathématiques seraient une science « dure<sup>430</sup> ». Je n'ai pas interrogé les informaticiens à ce propos de sorte que mon hypothèse va comme suit : nonobstant le lexique en usage, « sciences », « sciences appliquées », « sciences informatiques », « sciences dures », l'institutionnalisation des algorithmes repose sur une connaissance dont la méta propriété de scientificité revendiquée recoupe certaines des propriétés de la connaissance constituée par les trois sciences de base (Physique, biologie, chimie) ainsi que celles des sciences sociales ou des mathématiques<sup>431</sup>. L'ambivalence des rapports entre ces champs de savoirs par le prisme de l'informatique va bien au-delà de la tension entre modèles statistiques et modèles algorithmiques. Je traite de ces propriétés au chapitre suivant de sorte qu'ici je me limite à une analyse générale sur l'IA en lien avec la Big Science, la technoscience et l'ambition scientifique des chercheurs.

### **Science, Big Science, technoscience, horizon scientifique**

Le piège consiste à reprendre la catégorie « science » employée par les chercheurs et de leur rétorquer qu'il s'agit en fait de « technoscience ». La technoscience telle que décrite par le philosophe basque Javier Echeverría<sup>432</sup> naquit lors de la seconde guerre mondiale sous sa première version, la « Big Science », une alliance de la recherche et de l'industrie qui bouleversa la manière de conduire une recherche scientifique désormais orientée vers le développement de produits et de services. La technoscience contemporaine, seconde version, met l'accent sur l'innovation érigée en principe directeur<sup>433</sup>. Les enquêtes effectuées par Céline Lafontaine auprès

---

<sup>429</sup> Ateliers Sociologie IA organisés par le CIRST et Yan Sénéchal, *Op. cit.*

<sup>430</sup> Ganascia in Kodratoff tome 2, *Op. cit.*, p. 50.

<sup>431</sup> Par exemple, la propriété de connaissance « nouvelle » et ce que veut dire « nouveau » et que nous verrons plus loin est rattachée à la biologie, à la thermodynamique (2<sup>e</sup> principe), aux sciences sociales entre autres choses : voir les renvois et références du chapitre 6.

<sup>432</sup> Javier Echeverría, *La revolución tecnocientífica*, Fondo de cultura económica (Madrid, 2003).

<sup>433</sup> Echeverría, *Op. cit.*



des chercheurs en nanosciences<sup>434</sup> et en médecine régénératrice en 2010 et 2011 suggèrent selon l'analyse faite dans mon mémoire de maîtrise<sup>435</sup> que la technoscience se caractérise par l'identification d'un besoin du marché pris comme point de départ, un impératif de vitesse à comprendre le phénomène puis à trouver des applications ainsi que la création d'entreprise au sein de laboratoires publics. Le développement technoscientifique privilégie la connaissance non pas pour ce qu'elle est, mais pour ce que l'on peut en faire et son potentiel financier et où comprendre s'arrête au moment où commence la possibilité de décliner la connaissance savante en technologies. Toutefois, notion plutôt que concept, cette tentative de produire une définition univoque de la technoscience se heurte à la diversité des terrains pour lesquels les conditions ne sont jamais toutes réunies. C'est notamment le cas de la recherche en IA.

Le substantif « science » de « technoscience » qualifie une recherche qui puise directement dans la physique, la chimie et la biologie, les trois disciplines qui historiquement s'approprient le qualificatif de « science<sup>436</sup> ». Les nanosciences se fondent sur la physique quantique alors que la médecine régénératrice se base sur la biologie, la chimie et la physique<sup>437</sup>. Par contre, la recherche en IA s'appuie sur les technologies qui relèvent de l'électronique (ex. microprocesseurs), sur les sciences cognitives<sup>438</sup> et le développement de langages de programmation (ex. R, Java, Prolog, lisp) issus des sciences sociales telles que la psychologie ou la linguistique. La neurologie et la génétique interviennent principalement par l'intermédiaire de raisonnements analogiques dans lesquels elles servent de source d'inspiration, réduites à leur valeur heuristique. Toutefois, la recherche en IA reprend de la technoscience la nécessité d'aller

---

<sup>434</sup> Céline Lafontaine, *Nanotechnologies et société* (Montréal: Boréal, 2010).

<sup>435</sup> Didier Fayon, « Le discours de l'innovation technologique en médecine régénératrice » (Mémoire de maîtrise, Montréal, 30 avril 2014).

<sup>436</sup> Une discussion sur la science comme forme spécifique de connaissance serait beaucoup trop longue et sortirait de l'analyse de cette thèse. Dans une perspective épistémologique et méthodologique, se reporter aux écrits de Gilles Gaston : Gilles-Gaston Granger, « Théorie et expérience », in *Philosopher*, par Jean De la Campagne (Paris: Seuil, 1979), 348; Gilles-Gaston Granger, « La normativité scientifique », in *Sociologie et normativité scientifique*, 1999, 7; Gilles G. Granger, « Pour une épistémologie du travail scientifique », in *La philosophie des sciences aujourd'hui* (Paris: Gauthier-Villars, 1986), 19.

<sup>437</sup> Elle repose entre autres choses sur les applications de la physique et de la biologie pour développer des biomatériaux tels que les matrices de support de développement de cellules (« scaffold »). La majorité des laboratoires de médecine régénératrice dans le monde selon l'un des chercheurs interrogés par Céline Lafontaine sont dirigés par des ingénieurs. Fayon, *Le discours ...*, *Op. cit.*

<sup>438</sup> Les sciences cognitives se sont constituées comme disciplines à partir de la recherche en IA. Des chercheurs pionniers comme Jean Piaget et Maurice Halbwachs ainsi que le champ de la psychologie expérimentale avaient pris avant elles pour objet de recherche le raisonnement humain.

vite<sup>439</sup>, la promesse d'un monde meilleur, mais s'en démarque par la distinction entre science et fiction contrairement aux biotechnologies ou aux nanotechnologies<sup>440</sup>. Les informaticiens rejettent toute idée d'une intelligence similaire en nature et en envergure à celle de l'homme. Plusieurs informaticiens et ingénieurs tels que Manuel T. et Jean G. déjà cités se désintéressent des applications. Seule les motive une version conceptuelle de l'algorithme. Leur recherche suit un ordre de développement des connaissances qui rejoint sur ce point la Big Science telle que décrite dans le rapport de Vanevar Bush<sup>441</sup>. De plus, en IA, la recherche publique se fait en partenariat avec le GAFAM. Dans une conférence (IA, Québec et frères inc., 2019), le sociologue Jonathan Roberge soulignait la double affiliation de plusieurs informaticiens, à la fois chercheur d'un laboratoire public et salarié d'une grande entreprise d'informatique.

En fait, si les chercheurs tiennent un discours sur la créativité, leurs bailleurs de fonds et employeurs parlent d'innovation. Le sociologue français Gérard Bronner présentait l'innovation et le progrès sous l'angle de la temporalité<sup>442</sup>. Le progrès suggère la représentation d'un temps complice de notre bien-être, un temps qui construit un avenir attractif. Au contraire l'innovation présente un temps durant lequel la dégradation progressive de la situation exige la création de

---

<sup>439</sup> Voir le nouveau modèle de publication proposé par Yann LeCun, chercheur directeur du département d'IA de Facebook : Yann Lecun, « A New Publishing Model in Computer Science », A New Publishing Model in Computer Science, 2004, <http://yann.lecun.com/ex/pamphlets/publishing-models.html>.

<sup>440</sup> Rajan, *Op. cit.*; Lafontaine, *Nanotechnologies ...*, *Op. cit.*

<sup>441</sup> Je cite l'analyse faite dans mon mémoire de maîtrise. « En 1945, Vanevar Bush est directeur de l'« Office of Scientific Research and Development ». Son célèbre rapport « Science, the Endless Frontier » adressé au président Roosevelt qualifie la recherche médicale de recherche fondamentale (« basic science ») (Bush 1945 p5). Il souligne aussi la contribution importante du secteur pharmaceutique pendant la guerre (Bush 1945 p11). Plus généralement, ce rapport formalise la « Big Science ». Il insiste sur l'importance d'une politique scientifique qui saura répéter les exploits du projet militaire Manhattan mené pendant la guerre où naissent la bombe atomique et le premier ordinateur. La « Big Science » de Bush situe la recherche dans les laboratoires publics et les universités. Ces derniers ont pour mission de comprendre les lois de la nature qui déboucheront le cas échéant sur des technologies mises en marché par le secteur privé. Santé, éducation, conditions de vie dépendent désormais de cette « Big Science » (Hotois dans Goffi 2006 p30). L'arrivée de la physique en médecine par le biais de la radioactivité dérive directement du projet Manhattan (Echeverría 2003 : p. 130). Après la guerre, la médecine nucléaire, la radiologie et la biophysique prennent un essor calqué sur le fonctionnement de la « Big Science » (Echeverría 2003 : p. 131). La collaboration entre les universités et les hôpitaux ainsi que la multidisciplinarité sont les traits marquants de ces recherches (Echeverría 2003 : p. 129, 131). La politique scientifique américaine de la fin des années 40 favorise l'apparition de grandes entreprises spécialisées dans l'usage des radio-isotopes telles que Abbott Laboratories (Echeverría 2003 : p. 132). Cette politique vise autant la création d'un nouveau secteur industriel que la constitution d'un savoir utile à la lutte contre le cancer (Echeverría 2003 : p. 132). ». Fayon, *Le discours ...*, *Op. cit.*

<sup>442</sup> « La méthode scientifique » (Paris: France Culture, 12 octobre 2018).

nouvelles technologies pour éviter la catastrophe annoncée. L'état critique du présent à la place d'un avenir enchanté détermine nos actions. Si je suis d'accord avec Bronner, j'ajoute que l'innovation en IA n'est pas dépourvue d'un avenir florissant, mais à la condition que l'intelligence artificielle connaisse un essor important au sein de nos vies personnelles et professionnelles. L'innovation est un progrès conditionnel à agir dans le moment présenté comme une urgence, privé d'un temps long. Pour préciser une idée de Bronner, disons que le discours du progrès est attractif, mais il est difficilement crédible alors que le discours crédible d'un présent miséreux (ex. changements climatiques, écarts grandissants de richesse) redevient attractif en introduisant un espoir dans ce présent et qui repose bien entendu sur la technologie.

Quand bien même je rejette l'emploi du substantif « science », les chercheurs se donnent un horizon scientifique. Cependant, se réduit-il à rêver d'une épistémologie qui leur est à jamais étrangère ? Si la mathématique se présente comme un langage univoque, les chercheurs ne mettent pas seulement en équation les connaissances des champs dans lesquels ils puisent explicitement. Ils mathématisent également des savoirs au fondement d'une représentation du monde qui n'expose pas ses règles constitutives, et ce, quel que soit le type d'algorithmes. Elles seraient ces hypothèses non dites sur le fonctionnement des modèles ML, de leur pratique et de l'intérêt pour leur travail de recherche. La seule reconnaissance de « biais » et de données « biaisées » ne suffit pas à restaurer l'objectivité d'une construction mathématique. « Les sciences de la gestion », les catégories de « problème » et d'« action », la visée soi-disant descriptive de la mise en forme par la multiplication des dimensions et le rapport forme-contenu ainsi qu'un plausible écarté de tout calcul, la polysémie d'un montage mathématique dénommé « apprentissage » (« modéliser », « généraliser », « Découvrir un pattern », « produire les bonnes représentations ») établissent le point de départ d'une réflexion sur une « épistémologie interne<sup>443</sup> » à cette activité de recherche et dont le prochain chapitre prolonge l'analyse. Elle

---

<sup>443</sup> Épistémologie qui serait propre à la discipline informatique. Jean Michel Berthelot reprend le travail de Jean Piaget qui distinguait l'épistémologie externe et interne. Berthelot, *Sociologie ...*, *Op. cit.* Paul Sabourin défend la conception d'une sociologie à « horizon scientifique », une épistémologie interne à la discipline dans Sabourin, *Une éthique ...*, *Op. cit.* et Paul Sabourin, « Sociologie, éthique et politique : Itinéraire d'une éthique dans la recherche pour une coopération sociologique élargie » (2020).

recoupe sans se confondre certains des points de la critique interne à l'IA ainsi que la critique à l'externe, celle de la société civile.

## Chapitre 6. Se percevoir comme scientifique, l'autre versant de l'institutionnalisation

Ce chapitre prolonge le précédent sur la question de l'institutionnalisation que j'aborde ici sous l'angle des propriétés de la connaissance produites. Il naquit de la remarque d'un de mes collègues également surpris par des informaticiens se disant scientifiques ou qualifiant leurs travaux de scientifiques. Ils sont « inconscients » s'exclama-t-il spontanément, un terme employé au sens courant sur le manque de réflexivité de leur part. Néanmoins, je n'avais pas là une explication satisfaisante en sociologie même si par ailleurs, j'ai constaté plusieurs fois cette scientificité affirmée lors de conférences et présentations.

En fait, la question serait plutôt de déterminer les raisons pour lesquelles ils se perçoivent comme des scientifiques. Notons l'usage du verbe « percevoir », car être scientifique ou produire un contenu scientifique est d'abord un énoncé de la raison pratique en informatique. Je soutenais que l'aura de science dont sont entourés les algorithmes concoure à leur reconnaissance non seulement auprès du public, mais surtout auprès des bailleurs de fonds. Au moment de remplir les demandes de subventions, plusieurs chercheurs interrogés mentionnent dans les formulaires qu'ils sont dans le champ de l'intelligence artificielle même s'ils y voient un « buzzword ». Aussi, les informaticiens peuvent tenir un discours public en décalage avec la façon dont ils conçoivent leur travail.

Peu importe la position adoptée sur le caractère scientifique ou non de la recherche en IA, le fait social qu'un certain nombre d'entre eux se perçoivent comme des scientifiques fait sens du seul point de vue d'une sociologie de la connaissance. Les débats présentés dans le recueil d'articles sur le Machine Learning et dirigés par l'informaticien Yves Kodratoff<sup>444</sup> ainsi que l'enquête réalisée montrent que la plupart des chercheurs réfléchissent, non pas à la façon dont l'être humain acquiert ses connaissances, mais sur la production automatisée de propositions sur le monde. Leur réflexivité se rapporte à un questionnement sur les propriétés de celles-ci. Il

---

<sup>444</sup> Kodratoff, Tome 2, *Op. cit.*

s'enracine dans leurs pratiques qui les amènent à repenser ces propriétés selon le double plan dans lequel s'inscrit cette ingénierie, la connaissance des chercheurs mise en forme dans leurs artefacts et la « connaissance » engendrée par ce dernier.

La philosophie des sciences s'est attaquée dès le début de l'IA à cette question de la connaissance. La philosophe et ingénieure Marie-Madeleine Varet-Pietri explique que nous pourrions remonter à Leibnitz pour lequel la pensée dans sa forme supérieure était d'ordre logique alors que David Hume la concevait comme associative<sup>445</sup>. L'idée d'une connaissance probable comme connaissance valable affinera plus tard un débat séculaire entre empirisme et logicisme. Si Karl Popper défend le raisonnement logico déductif par sa critique de l'usage des probabilités en science, Rudolph Carnap soutient « Le point de vue qui met de l'avant que les inférences inductives peuvent être expliquées par les moyens de la théorie mathématique de la probabilité » et connu sous le nom de « bayésianisme<sup>446</sup> ». Rochefort Miranda précise qu'« Elle sert essentiellement à mesurer le degré de croyance rationnelle qu'un agent cognitif doit assigner à une hypothèse quelconque, étant donné certains énoncés de base, et elle peut aussi servir de base à une théorie de la décision rationnelle<sup>447</sup>. »

Mettons de côté ces débats philosophiques et revenons à la sociologie. Vraie, démontrée, efficace, nouvelle sont les propriétés dont les chercheurs discutent au croisement des champs socio sémantiques de l'ingénieur, du scientifique et du mathématicien. Ils se perçoivent d'abord comme scientifiques, car vraie et démontrée sont également les propriétés des connaissances mobilisées en sciences « pures ». Je ramènerai la discussion autour de deux questions qui ressortent de mon étude, soit celle de la connaissance préalable et celle de la reproductibilité des résultats. La première concerne principalement le rapport entre « démontrée » et « nouveau » alors que la seconde s'attarde sur le lien entre « démontrée » et « vrai ». J'y ajouterai l'idée de

---

<sup>445</sup> Varet-Pietri, *Op. cit.*, p. 15, 16, 17. Varet-Pietri se réfère au philosophe Pierre Levy pour rappeler que l'hyperlien a été inventé par Vanevar Bush. Trouvant son application grand public beaucoup plus tard, Pierre Levy y voyait l'avenir de la pensée, « une technologie de l'intelligence » qui permettait au lecteur de naviguer à son gré au sein d'un texte ou d'un texte à l'autre.

<sup>446</sup> Donald Gillies in Guillaume Rochefort-Maranda, Université du Québec à Montréal, et Groupe de recherche en épistémologie comparée, « Logique inductive et probabilités: une analyse de la controverse Popper-Carnap », *Groupe de Recherche en Épistémologie Comparée*, Cahier d'épistémologie, n° 3 (2003): 1-70.

<sup>447</sup> Ibid. p. 12.

« rigueur » issue de la distinction entre traitement formel (IA classique) et traitement algorithmique, un mot du langage ordinaire des chercheurs qui se rapproche de la propriété « démontrée ». Il nous éclaire sur le rapport aux sciences « pures » entretenu par l'IA. Enfin et je terminerai sur ce point, les chercheurs semblent pris dans une contradiction à l'origine de laquelle subsiste une confusion faite entre expérience et expérimentation telle que conçues en science.

L'organisation de mon propos se heurte à deux difficultés présentes depuis le début de ce travail. Tout d'abord, toute discussion sur l'intelligence artificielle engage quatre termes aux rapports équivoques : l'intelligence artificielle en général, l'IA classique, l'IA neuronale et le Machine Learning. La diversité des positions des chercheurs reflète celle de leurs formations qui interviennent non seulement dans l'absence de consensus sur ce qu'est l'IA et sa visée, mais aussi sur la conception qu'un chercheur se fait de la science. Ensuite, la recherche en IA est une activité qui invite les divers corps professionnels à examiner la question de la connaissance préalable et de la reproductibilité à travers le prisme d'une variété de formations qui n'ont pas de liens entre elles de prime à bord : les statisticiens, les mathématiciens non spécialisés en statistiques, les informaticiens et leurs multiples spécialités, les ingénieurs (ex. génie électrique) sans oublier les informaticiens qui sont également ingénieurs. Ajoutons les linguistes et les chercheurs formés aux sciences cognitives qui elles même mobilisent la philosophie, la linguistique et la psychologie entre autres choses. Enfin, ces disciplines sont aussi la référence des informaticiens et ingénieurs dans des raisonnements par analogie.

La pluralité des perspectives sur la « rigueur<sup>448</sup> » et la créativité du chercheur rapportée à la « rigueur » et au caractère « nouveau » de la connaissance et des raisonnements mobilisés se retrouve chez Alena F et Manuel T. Le premier explique que « Tu as à la fois l'approche précédente [Machine Learning] que je considère plus rigoureuse et tu as une approche engineering très créative » (Alena F., informaticienne). La rigueur de l'informaticien formé aux mathématiques face à l'ingénieur se retrouve chez Manuel T., mais laisse entendre que la créativité est du côté des informaticiens cette fois-ci:

---

<sup>448</sup> Voir plus loin pour les détails.

Il reste que dans les formations, les gens **en génie** sont plus **compétents en pratique**. Ils font beaucoup de travaux en équipe au bac. Donc, **c'est très appliqué**. Une mise en contexte, ils font ça, rapidement ils trouvent de **solutions existantes** et ils les appliquent. **D'où le terme « sciences appliquées »**. Par contre, si on leur présente **un problème** qui est un peu **nouveau**, puis que c'est davantage un aspect résolution de problèmes, alors les gens en **sciences informatiques** [comparés aux ingénieurs] vont être **un peu plus compétents**. Ils sont plus accés sur les mathématiques et la résolution de problèmes. **Encore là, c'est discutable**, car ça va varier d'un programme de formation à l'autre.

En fait, les formations d'informaticien et d'ingénieur se rejoignent en grande partie, explique-t-il. Aussi, la frontière entre sciences (informatique) et sciences appliquées s'amenuise, car dit-il:

La distinction autrefois est qu'en **sciences** les gens étaient plus sur le côté **fondamental des choses** donc ils étaient dans des **problèmes plus abstraits** donc on ne s'intéressait pas directement aux applications alors que **les gens [les ingénieurs] en sciences appliquées**, le but est de faire des systèmes qui marchent. (Manuel T. informaticien).

[...] j'ai connu des gens qui faisaient de la **reconnaissance de parole** ou d'image et pour eux, c'est un **problème de pure ingénierie**, l'IA ne les intéressait pas du tout. (Sandra S., informaticienne)

Un travail est scientifique si le chercheur s'intéresse à l'aspect fondamental de son objet alors que l'adjectif « nouveau » suggère l'appel à l'imagination par opposition à l'application de « recettes existantes ». Selon mon interprétation, l'algorithmique serait-elle alors une recherche scientifique ?

Par ailleurs, je demandais à Silvia G. si dans le milieu des ingénieurs, les réseaux neuronaux étaient un « hype », une autre façon d'avoir son regard sur l'IA:

Quand tu connais, tu sais ce que ça fait et ce que ça ne fait pas. Et puis, ce n'est pas tout qui a **besoin d'être intelligent non plus**. Parfois, un bon **modèle mathématique** fait la chose bien mieux.

L'intelligence artificielle s'oppose-t-elle au modèle mathématique ? C'est ce que suggèrent les deux emplois de la mathématique et traités plus loin. Est-ce que chez cet ingénieur, l'intelligence est associée à la créativité et ainsi à la nouveauté en opposition au caractère démontré du modèle ? Si créativité il y a, est-elle celle de la connaissance engagée par le chercheur ou de celle produite par l'artefact ? Selon l'aspect considéré, il rejoindrait Alena F. sur



la créativité de l'ingénieur et en tension avec la rigueur du mathématicien d'autant plus que pour Silvia G., rappelons-nous qu' « être ingénieur, c'est être créatif » (chap. 5).

Sous l'angle de la connaissance préalable, nous allons tenter de voir plus clair dans l'imbricatio des discussions sur une connaissance à la fois vraie, démontrée, efficace et dont la nouveauté éventuelle se rapporte à la « créativité » non plus des chercheurs, mais des algorithmes cette fois-ci.

## La connaissance préalable

La question sur l'importance de la connaissance préalable appelle une réponse évidente. Les hypothèses implicites, explicites et les savoirs savants sont autant de connaissances préalables au fonctionnement des algorithmes sans compter les résultats produits par les algorithmes et servant d'entrée aux calculs suivants. En outre, les ensembles de données introduisent une connaissance préalable. Voici l'échange que j'ai eu avec la chercheuse Sandra S. à leur propos :

Le problème est que lorsque nous faisons de la recherche, quel que soit le domaine d'ailleurs, les données en général, sont nettoyées, codées, c'est 80% du travail. J'ai fait des réseaux de neurones et lors de l'apprentissage, vous faites 10 passages, il y en a deux où vous ne comprenez pas ce qui se passe, ça n'a aucun sens de sorte que vos deux passages délirants, vous les jetez à la poubelle. Ça n'a pas marché donc, je n'en tiens pas compte.

Je demande alors de préciser : « Que faites-vous ? vous changez les données ? »

« Je garde les données qui donnent de bons résultats et je jette à la poubelle les passages qui ont mal marché. »

**DF.** « Vous faites un tri sur les données ? »

« Bien sûr. »

**DF.** « Mais alors vous modifiez votre échantillon<sup>449</sup> ? »

« Oui, bien sûr. Je vais me gêner, tiens. »

Une autre façon de parler de connaissance préalable est d'examiner les emprunts du modèle ML aux fréquentisme et au bayésianisme. Des fréquentistes, je retiens que « les grosses

---

<sup>449</sup> Après coup, je me suis rendu compte que j'avais en tête l'échantillon statistique. Cet usage des « données » distingue l'approche neuronale des statistiques classiques, un rapport ambigu entre les deux champs selon les chercheurs que nous examinerons plus loin.

machines de collecte statistiques, édifiées à partir des années 1830 sous l'influence de Quetelet<sup>450</sup> » sont devenues ces modèles ML. Les vastes échantillons et les itérations répétées de l'apprentissage supervisé, puis des exécutions continues des programmes informatiques empruntent aux « fréquentistes » l'idée d'un résultat qui tendra vers une « normalité » quand bien même serait mise de côté le concept statistique de « distribution normale ». Cette « normalité » est la régularité recherchée, résultat de traces d'activités humaines mises en liens (chap. 7). On reprendra ici la réflexion de Desrosières sur le raisonnement fréquentiste en disant que le modèle ML met en forme « une raison statistique permettant de transformer l'aléa et l'incertain d'événements singuliers, en régularités déterminées et maîtrisables de ces mêmes événements pris en grand nombre<sup>451</sup> ». De Bayes, je retiens sa démarche qui à partir des années 1930, vécut un renouveau dans la formalisation des « processus de choix en situation d'incertitude<sup>452</sup> ». Bayes remonte des conséquences connues qui ici sont le résultat à atteindre dans le cadre d'un apprentissage supervisé vers des causes inconnues qui deviennent pour le modèle ML la vraisemblance d'une hypothèse posée a priori et traduite en nombres.

Aussi, il faut restreindre l'étendue de cette question. Reformulée, elle devient : qu'elle est la place de la connaissance préalable dans une perspective technique et mathématique pour la production par les algorithmes de connaissances existantes (ex. loi empirique de la thermodynamique<sup>453</sup>) ou bien inédites qui soient à la fois vraies, démontrées, efficaces ?

Les informaticiens disposent d'un outil de mathématiques appliquées aux calculs et au traitement de l'information dénommée « théorie du domaine ». Elle étudie les composantes élémentaires des langages informatiques, objets et opérations qui les manipulent<sup>454</sup>. Elle est une

---

<sup>450</sup> Desrosières, *Op. Cit.*, p. 131.

<sup>451</sup> Desrosière, *Op. Cit.*, p. 84.

<sup>452</sup> Desrosière, *Op. Cit.*, p. 132

<sup>453</sup> B. Falkenhainer et R.S. Michalski, « Découverte quantitative et qualitative dans le système Abacus », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cépadués-Éditions, 1993), p. 149. Le programme Bacon dont la première version apparaît en 1978.

<sup>454</sup> "Computer programs perform computations by repeatedly applying primitive operations to data values. The set of primitive operations and data values depends on the particular programming language. Nearly all programming languages support a rich collection of data values including atomic objects, such as booleans, integers, characters, and floating point numbers, and composite objects, such as arrays, records, sequences, tuples, and infinite streams. More advanced languages also support functions and procedures as data values. To define the meaning of programs in a given language, we must first define the building

théorisation des langages informatiques, une étude de leur syntaxe et de leur sémantique selon Cartwright. Néanmoins, elle s'étend aux raisonnements menés par les informaticiens. Ces discussions sur le « domaine » dans le recueil de textes de Kodratoff portent sur le raisonnement par induction et déduction <sup>455</sup> menées lors de la formalisation par langages informatiques. Cette « théorie du domaine » devient aussi l'étendue du champ de savoirs spécialisés à poser à priori et traité par les opérations de programmation pour un processus d'apprentissage qui vise « l'amélioration des connaissances<sup>456</sup> ». Doit-on y voir un des axes de la réflexion d'un milieu professionnel sur sa propre connaissance, une épistémologie particulière à la discipline et que j'explore dans la dernière section « Prédire n'est pas expliqué » ?

L'opposition entre induction et déduction repose sur les limites de l'inférence, l'importance accordée aux raisonnements qui comme connaissance acquise antérieurement, doit être appliquée sur les faits observés. Partie prenante de cette discussion, l'incertitude nous disent Michalski et Kodratoff pèse sur la connaissance nouvelle et impose d'instaurer « des déductions rigoureuses » à partir de connaissances « vérifiées » et « vraies ». Toutefois, ces mêmes auteurs soulignent plus loin que « fondamentalement nouvelle » « signifie qu'il s'agit de connaissances que l'on ne peut pas déduire à partir de connaissances existantes ».

En fait, on retrouve dans ces discussions la séparation entre la forme (le raisonnement) et le contenu, le rapport problématique d'une forme prédéterminée jouant le rôle d'une connaissance idéalement démontrée et vraie avec un contenu diversifié en tant qu'entrées ou

---

blocks, the primitive data values and operations from which computations in the language are constructed". Robert Cartwright, Rebecca Parsons, et Moez Abdel Gawad, « Domain Theory: An Introduction », *ArXiv*, 2016, 90 pages, p. 3.

<sup>455</sup> Cette dichotomie se retrouve dans la dualité entre apprentissage synthétique et analytique (p1). Le premier se fait à partir d'exemples alors que le second est guidé par un nombre restreint d'exemples jugés représentatifs ou bien des règles et des connaissances posées à priori (p. 14). L'« induction constructive » « utilise les connaissances du domaine pour créer de nouveaux concepts, explications » (p. 15). L'abduction en IA est une forme d'induction qui à partir d'un fait retrouve une règle du domaine posée comme une conjecture, une hypothèse explicative la plus probable (p. 14,15). L'apprentissage par analogie est « une combinaison des deux », induction et déduction (p. 16). Y. Kodratoff et R.S. Michalski, « La recherche en apprentissage symbolique automatique : développements récents, classification des méthodes et perspectives », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cépadués-Éditions, 1993)., p. 1, 14, 15, 16.

<sup>456</sup> Kodratoff Y. et Michalski, *Op. cit.*, p. 20 à 22., in Kodratoff Tome 2, *Op. cit.*

bien résultats, un déterminisme au départ qui pourtant aboutirait à l'arrivée à une infinité de possibilités. De Munck s'exprimait ainsi sur les approches connexionnistes :

Il [le connexionnisme] tient sans doute ultimement dans l'apparence de la conciliation de deux concepts qui semblaient, il y a quelques années à peine, absolument contradictoires : **l'imagination, et le mécanisme. Le mécanisme, rigide et programmé, semblait la négation même de la créativité et de la sensibilité.** Devant les plans extravagants des ingénieurs de la « première I.A. » [sur laquelle porte le livre de Kodratoff], on pouvait toujours, à la manière de Pascal, opposer l'esprit de finesse à l'esprit de géométrie, la légèreté de la pensée à la pesanteur des engrenages<sup>457</sup>.

Les réseaux neuronaux relancent avec acuité la question de la connaissance préalable en vantant leur efficacité en l'absence de connaissances à priori ou bien y répondent par leur version bayésienne qui permet de sélectionner les poids les plus vraisemblables :

Neuronal Network (NNs) have shown to be very promising supervised learning tools for modelling complex non linear relationships. NNs are designed to deal with both regression and classification tasks. This, especially in situations here **one is confronted with a lack of domain knowledge. As universal approximators, they can significantly improve the predictive accuracy of an inference model** [...] (Baesens and al. 2001: p5).

Bayesian learning essentially works **by adapting prior probability distributions into posterior probability distributions** guided by the training data. Relying on probability distributions stresses the importance of **capturing the inherent uncertainty while learning the true relationship** from a finite data sample. In a Bayesian context, **all implicit assumptions**, i.e. prior knowledge encoded in the form of prior probability distributions, **have to be made explicit** and rules are provided for reasoning consistently given those assumptions. (Baesens and al. 2001: p7).

De là, l'idée d'introduire une connaissance sous la forme d'une vraisemblance en amont dans le calcul :

Supposons que tu désires encoder l'information et que « panda roux » arrive extraordinairement rarement. Du coup ce serait « wasteful » de dire que « panda roux », je vais l'encoder « 1 0 ». Ce serait bien d'encoder plutôt « chien » comme « 1 0 ». « 1 » indiquera que ce pourrait être autre chose. Tu peux le voir comme « est-ce un chien, oui, non ? » Si c'est non, est-ce que c'est autre chose, oui, non ? Tu veux que le premier [résultat] soit ce qui arrive le plus souvent. C'est cette pénalité appelée cross-entropie dit grossièrement qui est beaucoup utilisée en IA. Elle permet de hiérarchiser et d'apprendre la distribution de la réalité pour dire que dans le monde, il y a plus de photos de chiens que de Panda roux (Jessica M., informaticienne et étudiante)

---

<sup>457</sup> De Munck, *Op. Cit.*, p. 49.

En outre, l'efficacité suppose dans ces discussions l'existence de significations comme connaissances, le cas échéant préalables, que l'usager pourrait donner aux résultats à n'importe quel moment dans la chaîne de traitement donnée, informations et connaissances (chap. 5).

Nouvelle et démontrée sont-elles en opposition dans le cadre de cette connaissance préalable ? Des machines apprennent non pas seulement ce que sait déjà l'être humain, mais doivent à leur tour produire une connaissance inconnue jusqu'alors. Roger Schank estime « qu'il ne sera probablement pas possible de construire un ordinateur intelligent qui ne soit pas en même temps un ordinateur créatif<sup>458</sup> ».

En deux paragraphes, Michalski et Kodratoff montrent la tension entre la connaissance préalable et la créativité, les propriétés du « vrai » assimilé au « démontrée » et à la « rigueur » :

Le premier type d'inférence utilisé dans les méthodes d'ASE [apprentissage symbolique empirique] est l'induction empirique. Cette forme d'induction (comme d'autres formes, telles que l'induction constructive et l'abduction, voir le paragraphe suivant) est **une inférence qui préserve le faux et non qui préserve le vrai**. Par conséquent, les résultats des méthodes d'ASE sont généralement des hypothèses qu'on doit **valider ultérieurement par des expériences**. Ce fait est fréquemment considéré comme un point faible important des méthodes empiriques. Il traduit **l'incertitude inhérente aux processus de création de nouvelles connaissances sur le monde** et il est donc, en principe, inévitable. La seule façon de le dépasser est de limiter le processus d'apprentissage soit à la **recopie de connaissances déjà existantes, soit à des déductions rigoureuses à partir des connaissances qu'on a déjà vérifiées et qu'on suppose vraies**. De telles connaissances a priori doivent être intégrées au système avant toute tâche d'apprentissage (voir les méthodes analytiques dans le paragraphe suivant)<sup>459</sup>.

Pourtant, comme je le disais précédemment, ces deux chercheurs rajoutent :

Le but principal des méthodes symboliques et subsymboliques d'apprentissage empirique et des systèmes d'induction constructive à utilisation intensive des connaissances est de créer des connaissances « **fondamentalement nouvelles** » d'après l'information donnée en entrée. « **Fondamentalement nouvelles** » signifie **qu'il s'agit de connaissances qu'on ne peut pas déduire à partir des connaissances déjà existantes**. Par conséquent, on peut classer de tels systèmes comme systèmes d'apprentissage synthétique<sup>460</sup>.

---

<sup>458</sup> Roger Schank et Alex Kass, « Explications, apprentissage automatique et créativité », in *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff et al., vol. Tome 2 (Toulouse: Cépadués-Éditions, 1993). : p. 30

<sup>459</sup> Michalski et Kodratoff, Op. cit., in Kodratoff, tome 2, Op. cit. : p. 5.

<sup>460</sup> Michalski et Kodratoff, Op. cit., in Kodratoff, tome 2, Op. cit. : p. 8.

L'ambiguïté du sujet « on », du rôle attribué à la connaissance « à priori », « intégrée au système », ce rapport forme-contenu et le raisonnement déductif montrent la difficulté à définir le « nouveau », malgré plus d'un siècle de discussions sur la notion d'émergence<sup>461</sup>. Est-ce qu'une règle implicite de certains chercheurs s'énoncerait comme suit : moins nous utilisons de connaissances préalables, plus grand sont les chances de produire du nouveau ? De plus, si la connaissance nouvelle fait l'objet d'une démonstration (ex. une mise en équation) alors n'existait-elle pas déjà, n'est-ce qu'une découverte et non pas une invention ou une création ? Pour Roger Schank, la créativité réside dans une capacité à réengager l'expérience passée au présent. Elle est un « processus algorithmique » inspiré de la façon dont raisonnent les êtres humains<sup>462</sup> :

Les ordinateurs n'ont donc pas à être brillants pour être créatifs, mais simplement à pouvoir adapter efficacement d'anciennes explications. Pour expliquer quelque chose de nouveau, ils doivent trouver un schéma d'explication standard et l'ajuster pour qu'il corresponde à la nouvelle situation.

Bien sûr nous ne voulons pas dire par cela que les ordinateurs intelligents devront être des peintres ou des poètes, mais simplement qu'ils devront être capables d'élaborer des hypothèses créatives, pour adapter créativement leurs structures de connaissance afin de faire face à de nouvelles situations.

L'incertitude rattachée à la connaissance nouvelle, exige une vérification par la démonstration, mais également par « l'expérience », la validation, le « vrai ». La question de la reproductibilité des résultats se pose constamment dans ce débat sur les propriétés de la connaissance préalable et de la connaissance en sortie qu'elle permet d'engendrer.

---

<sup>461</sup> Ce mot qui n'est jamais précisément défini dans la littérature a fait l'objet de discussion en biologie, en chimie, en physique, en neurologie et même en sociologie entre autres sous la forme de l'ordre spontané, du désordre, d'une « ontologie des niveaux », de l'autopoïesis, etc. (Etchecopar 2011) (Corning 2010) (Bouraoui 2009) (Emmeche 1997) (Sawyer 2002). Dans le cadre d'un travail de session à l'hiver 2011 à l'UQAM (cours SOC 8705), j'avais analysé le terme sous l'angle d'une controverse qui examine l'évolution au cours du temps des trois composantes du déterminisme laplacien à savoir la relation « cause-effet », la prévisibilité et la réversibilité des phénomènes physiques. En informatique, nous retrouvons l'émergence aussi bien dans la « théorie » de la singularité et de la complexité que dans la modélisation sous la forme des « systèmes multiagents ». Pour « une critique de la complexité » voir Andreu Solé « Critique de la "complexité" » (CIRET Centre International de Recherches et d'Études Transdisciplinaires, 2004), <http://www.caravancafe-des-arts.com/critique-complexite-CIRET-2004.htm>. ainsi que sur la singularité, Ganascia, *Op. cit.*

<sup>462</sup> Schank et Kass, *Op. cit.*, in Kodratoff, tome 2, *Op. cit.* : p. 36.

## La reproductibilité

La reproductibilité est l'enjeu de toutes les sciences. L'éditorial du numéro spécial de Nature en 2018 sur cette question disait ceci :

Five years ago, after extended discussions with the scientific community, Nature announced that authors submitting manuscripts to Nature journals would need **to complete a checklist addressing key factors underlying irreproducibility** for reviewers and editors to assess during peer review. The original checklist focused on the life sciences. More recently we have included **criteria relevant to other disciplines**<sup>463</sup>

En physique des particules, la recherche en mode de partage des connaissances et dite « Open Science » pose ses propres défis en la matière où l'accès public aux données doit être conjointement pensé dès le début de la recherche et non à la fin de celle-ci<sup>464</sup>. Une grande partie de la recherche en IA se fait de manière ouverte et si l'on se fie aux physiciens, cette façon de travailler apporte ses propres difficultés qui resteraient à évaluer dans une autre enquête.

Le problème de la reproductibilité, peu importe le mode de publication, concerne le domaine du « planning » selon Manuel T. :

« Je ne sais pas pour d'autres domaines, mais si on prend en médecine, quelqu'un qui crée un nouveau médicament et qui prétend que le médicament n'a pas d'effets secondaires et qu'il résout tous les problèmes, on veut le vérifier. Donc, le **meilleur gage d'intégrité, c'est la vérification**. On reproduit les résultats et si on est **capable de les reproduire**, c'est correct. En informatique, il faut comprendre que **l'implémentation**, parfois ça peut faire des dizaines, des centaines, des milliers de lignes de code. Donc, dans un article, on décrit la façon dont on s'y est pris, on a un **portrait général**. Quant aux détails, souvent on ne sait pas **jusqu'à quel niveau de détails il faut aller pour que ce soit reproductible**. »

Dans ce cas, « l'implémentation<sup>465</sup> » est l'équivalent de la reproductibilité assimilée à une opération de validation. L'algorithmique s'attarde sur la conception, sur les principes directeurs (ex. Jean G.) et non sur le caractère exécutable du programme. La nature théorique de l'article

---

<sup>463</sup> Nature- Editorial, « Checklist checked », *Nature* 556 (2018): 273-74.

<sup>464</sup> Xiaoli Chen et al., « Open Is Not Enough », *Nature Physics* 15, n° 2 (2019): 113-19.

<sup>465</sup> Selon l'académie française, implémenter prend deux sens en informatique. Je ne cite que le premier auquel se réfère le chercheur interrogé : « Le nom anglais *implement* signifie « outil, ustensile », et le verbe *to implement*, « rendre effectif » et « augmenter ». Ce verbe a pris deux autres sens dans le domaine de l'informatique. Il signifie, en parlant d'un logiciel, l'« installer en réalisant les adaptations nécessaires à son fonctionnement ». On le traduit dans ce cas par *implanter (implanter un logiciel)*. » Académie française, « Dire, ne pas dire », Académie française, 2020, <http://www.academie-francaise.fr/implémenter>.

publié par un chercheur quelconque et la contrainte éditoriale du nombre de pages distance l'algorithme de sa version implémentée:

Partir d'un article de 20 pages et programmer quelque chose qui va faire, je ne sais pas, 8 000 lignes de code, c'est difficile. Et puis souvent, il va y avoir des paramètres à « twiker ». Aussi, c'est difficile pour l'auteur de décider jusqu'à quel niveau de détails.

La question de la reproductibilité dans le domaine de la planification se pose avec plus d'acuité qu'en « représentation Learning » selon ce chercheur. Son argumentaire reconstitue la spatialité symbolique de l'information ou ces niveaux d'abstraction abordée au chapitre 5 par la borne inférieure du « bit » et la borne supérieure du « problème » :

« Je vais plutôt utiliser des **ensembles de problèmes**. Pour les compétitions de planificateurs, on pourrait qualifier ça de **data sets**, mais c'est un niveau d'abstraction plus élevé. [...] ceux sont des problèmes basés sur un certain **nombre d'hypothèses** et quand on fait avancer la planification en IA, souvent on va travailler sur certaines hypothèses que l'on va essayer d'assouplir de sorte que l'on ne travaille plus exactement sur le même problème que d'autres collègues. Il devient difficile de **comparer des méthodes entre elles**. C'est un aspect très difficile de la planification.

Par contre, en **machine learning**, fondamentalement, **le problème est sensiblement le même**. On a une entrée et une sortie. On ne sort pas trop de ce cadre-là. Je caricature un peu, mais quelqu'un pourrait s'intéresser à des images en noir et blanc, quelqu'un s'intéresse à des images en niveau de gris, puis après ça quelqu'un s'intéresse à des images en couleur, donc là je pourrais avoir des data sets différents pour chacune de mes images, mais généralement, on va être capable de fournir le data sets des images couleur. Par exemple, si quelqu'un fait des images en noir et blanc, il est capable de partir de l'image couleur et les traduire en image noir et blanc, puis **après ça faire des expérimentations**. Aussi, de façon un peu paradoxale, en **machine Learning**, ils travaillent sur des **problèmes que l'on dit très généraux et de bas niveau; la donnée généralement est très structurée**. Que ce soit des images ou du texte par exemple. Le texte consiste en des **chaines de bits** qui expriment des caractères. Mais si on se place **au niveau de l'information, c'est de l'information très peu structurée**. Le texte est un format qui est très libre, on peut écrire n'importe comment. Alors qu'en planification, c'est un peu différent. **Le bas niveau, la spécification du problème est très libre** et située à un **niveau un peu plus haut**. L'information est très structurée, puisque l'on raisonne en termes symboliques tels que des préconditions, des effets, des contraintes, toute sorte de choses comme cela. »



La reproductibilité pour Boullier et El Mhamdi est l'opération de « validation croisée » où le modèle ML s'exerce sur des données qui n'ont pas concouru à sa formation<sup>466</sup>. Ceci est l'équivalent d'une exécution du code.

Joëlle Pineau, professeure chercheuse à l'Université McGill et directrice du département de recherche en IA de Facebook a diffusé auprès de ces collègues<sup>467</sup> une « Machine Learning Reproducibility Checklist<sup>468</sup> ». Elle demande « a statement of the result », « A clear explanation of any assumptions » et « a complete proof of claim » en plus de précisions en mathématiques portant sur les modèles et l'algorithme. NIPS, l'une des conférences les plus importantes dans ce domaine consacrait en 2019 une présidence (« Chair ») pour la question de la reproductibilité (« Reproducibility Chair »)<sup>469</sup>.

Atteindre la reproductibilité des résultats serait-il un gage de la scientificité de l'approche neuronale ou de toute autre approche? Selon le sociologue Jean-Michel Berthelot « La théorie logique de la preuve expérimentale - celle de la reproductibilité des faits - suppose un traitement univoque du fait scientifique<sup>470</sup> ». Or, où sont des faits ramenés à des « situations », à des « activités » ou encore à des raisonnements inconnus dans le cas du jeu de Go par exemple et que l'équipe de recherche de Joëlle Pineault aurait tenté de reproduire<sup>471</sup> ? Quand bien même

---

<sup>466</sup> Boullier et El Mhamdi, *Op. cit.*, p. 13.

<sup>467</sup> Voir Gregory Barber, « Artificial Intelligence confronts reproducibility crisis », *Wired*, 16 septembre 2019. Notons que le journaliste sous-entend que cette question touche l'ensemble de la recherche en IA. Cependant, son enquête se concentre sur les chercheurs en réseaux neuronaux, montrant une fois de plus la prégnance de cette approche sur toutes les autres.

<sup>468</sup> Pineau, Joëlle. 2020. "The Machine Learning Reproducibility Checklist (v2.0, Apr.7 2020)." McGill University. <https://www.cs.mcgill.ca/~jpineau/ReproducibilityChecklist.pdf>. De plus, il existe des « Model Cards for Model Reporting » : Margaret Mitchell et al., « Model Cards for Model Reporting », *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency - FAT\* '19*, 2019, 220-29. Ce sont des documents qui accompagnent chaque algorithme afin de bien en préciser les usages et les limites : "Model cards are short documents accompanying trained machine learning models that provide benchmarked evaluation in a variety of conditions, such as across different cultural, demographic, or phenotypic groups (e.g., race, geographic location, sex, Fitzpatrick skin type) and intersectional groups (e.g., age and race, or sex and Fitzpatrick skin type) that are relevant to the intended application domains. Model cards also disclose the context in which models are intended to be used, details of the performance evaluation procedures, and other relevant information." Alors que le document de Joëlle Pineault concerne les chercheurs, les « Model Cards » s'adressent aux utilisateurs : dans quelles mesures répondent-ils aux critiques dénonçant le caractère opaque des algorithmes (« Boîte noire ») ?

<sup>469</sup> Neural Information Processing Systems, « NeurIPS | 2019 », 2019, <https://nips.cc/Conferences/2019>.

<sup>470</sup> Berthelot, *l'intelligence ...*, *Op. cit.*, p. 229.

<sup>471</sup> Gregory Barber, *Op. cit.* Rappelons que cette chercheuse travaille pour le laboratoire d'intelligence artificielle de Facebook et les algorithmes du jeu de Go ont été développés par Google.

nous trouverions des faits au sens où on les observe et mesure en chimie, en biologie ou en physique, chaque approche d'apprentissage automatisé présente plusieurs possibilités de formalisation du « fait ».

De plus, Berthelot rappelle que le travail de la preuve est une activité sociale<sup>472</sup>. Le fait peut être « négligé et ignoré<sup>473</sup> » ou au contraire « admis et reconnu sans autres formes de procès<sup>474</sup> ». La proposition produite par un algorithme ou sur laquelle repose le résultat peut être reconnue par la communauté de machine Learning de l'approche neuronale comme « intéressante, stimulante, originale, neuve, féconde, riche de perspectives<sup>475</sup> », mais pas par les autres, en particulier par ceux qui promeuvent davantage de « rigueur ». On revient à l'enjeu de la production de significations au cours de la chaîne de traitement données, informations et connaissances. La recherche en IA est une procédure sociale d'évaluation continue du « vrai », du « démontré » et de « l'efficacité ». Traitement formel (IA classique) et statistique reprennent ces trois propriétés relatives à des formations différentes chez les chercheurs.

## La « rigueur »

### « Démontrée » ou « vraie »

Le mot « rigueur » revient souvent dans les entretiens en position d'adjectif pour qualifier le traitement accordé par une approche quelconque aux questions de la connaissance préalable et de la reproductibilité. Historiquement, elle subsiste en toile de fond dans la controverse entre les tenants du traitement formel et ceux du traitement statistique, ceux qui posent l'existence de règles préétablies qu'il resterait à découvrir et codifier et les tenants d'un empirisme strict. Le traitement automatisé du langage est un exemple classique de cette tension entre les deux lignes directrices de l'IA.

---

<sup>472</sup> Berthelot, *L'intelligence ...*, *Op. cit.*, p. 227.

<sup>473</sup> *Ibid.* p. 229.

<sup>474</sup> *Ibid.* p. 229.

<sup>475</sup> *Ibid.* p. 229. Berthelot parle de la science en général et que nous reprenons pour l'IA.

Au symposium de 2011 « Brains, mind and machines » qui célébrait le 150<sup>e</sup> anniversaire du MIT<sup>476</sup>, l'ingénieur Peter Norvig et le linguiste Noam Chomsky discutaient de leur désaccord sur les valeurs respectives d'efficacité et de démonstration au sens d'explication de l'apport de chacun des traitements statistique et formel du langage<sup>477</sup>. Chomsky insistait sur l'explication qui pour lui réside dans les principes sous-jacents, un ensemble de règles existant à priori<sup>478</sup>. De son côté, Norvig défend la nature statistique du langage où « l'interprétation » (id. la reconnaissance de parole) devient un problème statistique<sup>479</sup>. Au-delà, de la nature du langage se rejoue les rapports de la science à l'ingénierie, l'explication scientifique comme visée où la reproductibilité n'a de sens que si elle repose sur un modèle démontré. Selon Norvig, Chomsky s'oppose surtout à la seconde « culture statistique », sa variante algorithmique. Avec Breiman et auquel se réfère Norvig, rappelons que cette même controverse distingue le traitement statistique à l'aide de formes préétablies (équations démontrées) de la mise en liens inconnus de variables par l'approche neuronale entre autres. En 1988, Gérard Sabah résumait la controverse comme suit<sup>480</sup>:

L'intelligence artificielle était précisément de traiter sur ordinateur les problèmes qui sont résolus par l'homme de façon sémantique. Plusieurs interprétations de cette simulation sont toutefois possibles : imiter les résultats sans se préoccuper de reproduire les processus ou tenter de reproduire, à un certain niveau fixé a priori, les opérations mentales sous-jacentes.

Le substantif « simulation » également employé par Chomsky qui reconnaît malgré tout la fidélité au phénomène observé de certains algorithmes renvoie à l'efficacité qui seule intéresse l'ingénieur : c'est vrai, parce que ça marche. Aussi, la controverse trouverait sa résolution dans la reconnaissance par chacun de visées de connaissance différentes si ce n'était la nuance apportée par Boullier et son collègue El Mhamdi où l'importance d'une « explication » se rapporte à la

---

<sup>476</sup> Massachusetts Institute of Technology, « Brains, Minds and Machines », MIT+150, 2011, <https://mit150.mit.edu/symposia/brains-minds-machines.html>.

<sup>477</sup> Peter Norvig, « On Chomsky and the Two Cultures of Statistical Learning », in *Berechenbarkeit Der Welt?*, éd. par Wolfgang Pietsch, Jörg Wernecke, et Maximilian Ott (Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017), 61-83.

<sup>478</sup> Nous rejoignons la critique de De Munck sur la règle fixe, préétablie. Cette idée a guidé l'IA dès ses débuts, mais a montré en une vingtaine d'années ses limites.

<sup>479</sup> Norvig, *On Chomsky ...*, *Op. cit.* Peter Norvig, « On Chomsky and the Two Cultures of Statistical Learning », 2011, <http://norvig.com/chomsky.html>.

<sup>480</sup> Gérard Sabah, *L'intelligence artificielle et le langage*, Langue, raisonnement, calcul (Paris: Hermes, 1988), p. 318.

connaissance préalable et à la question de la « rigueur<sup>481</sup> » ou du caractère démontré dont je traite plus loin :

« [...] le travail de ML est déconnecté de la réalité du problème, qu'il soit immobilier, sportif ou bancaire, sans aucun apport d'un expert du domaine. Mais une autre déconnexion apparaît, celle entre praticiens (ingénieurs de la donnée) et la théorie mathématique. [...] Nous dirons que lorsque la théorie mathématique (*data science*) est ignorée au profit du *data engineering*, la boîte noire fonctionne comme mystification pour les *data engineers* eux-mêmes. Cela conforte l'opacité du *Machine Learning* pour le public comme pour les utilisateurs avertis. D'autant plus lorsqu'ils se passent aussi des experts du domaine pour réduire ou augmenter les dimensions [les variables : voir chap. 3] à prendre en compte<sup>482</sup>. »

La controverse sur la connaissance préalable et la reproductibilité puise dans les deux usages de la mathématique dont un seul serait digne de « rigueur ».

### Les deux emplois de la mathématique

Dans le lien entre le vrai et le démontré, se rejoue l'existence de deux rôles dévolus à la mathématique en IA. Le premier est celui de fournir une démonstration du bienfondé d'une proposition alors que l'autre sert à formaliser l'apprentissage. La mathématique est respectivement un moyen de preuve et un outil pour « faire », celui de « l'homo faber<sup>483</sup> », une mathématique appliquée. L'autre expression de la critique faite à l'IA neuronale porte de manière implicite sur l'absence de généralisation, une mathématique cantonnée à rendre vraies les propositions tant que celles-ci n'ont pas été invalidées par l'usage, une démonstration par l'exemple<sup>484</sup> qui n'en est pas une au sens mathématique, mais qui néanmoins valide le modèle (« vrai »). Le sens donné par le mathématicien à la mise en équation (ex. ces deux personnes discutent) n'est plus démontré, mais empiriquement vérifié par l'obtention de l'approximation désirée de l'objet soumis à modélisation :

Les fonctions mathématiques, ça date, on sait pourquoi ça marche. Par contre, on ignore ce qu'elles font en vrai. J'ai l'impression que c'est un peu **le pont entre le sens**

---

<sup>481</sup> Suite à leur étude des « challenges Kaggles ». Notamment, certains développeurs confondent le modèle mathématique avec l'outil tel que le langage de programmation R. Boullier et El Mhamdi, *Op. cit.*, p. 25.

<sup>482</sup> Ibid. p. 25.

<sup>483</sup> Expression de Arendt dans « condition de l'homme ». Hannah Arendt, *Condition de l'homme moderne*, Calmann-Levy (Paris, 1983).

<sup>484</sup> Quand bien même on accepte l'usage d'exemples, il est lui-même sujet à nuances. Voir le renvoi sur la distinction entre apprentissage synthétique et analytique chez Kodratoff.

**et les maths** qui n'est pas encore là. Le fait que ce soit un calculateur qui marche bien, il y a de très bonnes ressources en ligne qui l'explique graphiquement. Le site « neural network deep learning. Org ou .net » est une superbe ressource où tu peux bouger des poids. C'est des fonctions de steps. Du coup, tu changes le biais et ça bouge ton step, tu changes le poids et ça change sa forme. Comme tu en as plein, tu les additionnes tous et tu te rends compte qu'en faisant plein de steps, oui, **tu peux approximer la fonction que tu veux** en une dimension. Si ça marche à une dimension, **tu peux multiplier et tu te retrouves avec un truc qui approxime n'importe quoi**. La ressource est vraiment géniale, c'est visuel, il n'y a pas besoin de lire les maths. Il y a quelque chose d'intuitif qui apparait derrière. **Le problème** que l'on a, c'est justement **celui du sens**, on est dans la phase « **on s'en fout, ça marche** » (Jessica M., étudiante informaticienne à la maîtrise).

Le lien entre une proposition vraie et une proposition démontrée n'est pas clairement explicité par les auteurs du livre dirigé par Kodratoff. De manière générale, je comprends que la démonstration relève de la logique, de preuves formelles alors que la qualité « vraie » découle d'une expérience vérifiée par un « modèle causal » ou bien d'une proposition élaborée par l'algorithme qui fasse partie des connaissances du « domaine » ou n'entre pas en contradiction avec elles.

De plus, la mathématique en lien avec la question méthodologique semble poser un problème pour plusieurs chercheurs. Alena F. nous reformule l'idée générale de la checklist de Joëlle Pineault dans un long propos que j'abrège :

« **Moins mathématique, moins rigoureuse, pas de comparaison** [approche neuronale]. Par exemple [nom d'un chercheur] moi [...] je ne l'ai jamais entendu parler dans une présentation des travaux de quelqu'un d'autre. Il parle juste de ses trucs. C'est une **personne super créative**, il a des super bonnes idées, mais il n'a **pas une approche « scholarly »** au sens de « Comment ça fit dans le reste et comment ça se compare avec les autres ? »

Elle insistera plus loin sur l'importance d'une étude de la littérature existante et des citations, la comparaison des résultats avec des méthodes concurrentes et l'importance de préciser les limites de l'algorithme. Questionné davantage sur cet aspect « moins mathématique », Alena F. précise :

Je ne penserais pas que les gens d'ici partagent ma vue sur l'IA. [...]. Les étudiants que j'avais [autre ville] n'avaient pas trop d'idée sur l'IA. Qu'est-ce qui arrivait ? Il y a une transition, car au départ, il y avait beaucoup de gens qui étaient **intéressés juste aux maths et aux machines Learning**. Il y a des applications super intéressantes. Donc, ils venaient dans le domaine du Machine Learning et c'était bon. Maintenant, qu'arrive-

t-il ? Depuis les deux dernières années, **les gens veulent faire du Deep learning, veulent faire de l'intelligence artificielle**, parce qu'ils en ont entendu parlés dans les journaux. Dans mon groupe de recherche, quand j'étais [autre ville], [...] ils venaient et ils disaient « On fait du Deep Learning » et on répondait « On ne fait pas du Deep Learning ici ». [...] Ici, je suis entouré de gens qui ont une vision Deep Learning. Par exemple, **j'ai un étudiant qui est beaucoup plus matheux, je ne pense pas qu'il ait d'opinion sur l'IA**. Il a la même opinion que moi en termes académiques [...]

Le travail d'interprétation de la recherche des collègues en termes de « rigueur » dépend du lieu et de la formation initiale des protagonistes, mais également du temps. Cardon et son équipe (Cardon et al. 2018) nous rappelle l'ostracisation de la communauté de recherche en réseaux neuronaux. Aléna F. expose sa lecture de cette époque :

[...] **le machine learning qui n'est pas la même chose que l'IA**, a pris une tendance **très mathématique** dans les années 1990. C'est d'ailleurs pourquoi ... les réseaux de neurones qui sont aussi modélisés dans les approches connexionnistes ont perdu de leurs attraits et de leur blason on va dire, à la fin des années 1990. Pourquoi ? **Parce que la communauté était beaucoup plus formelle, rigoureuse, mathématique** alors que les réseaux de neurones étaient trop difficiles à comprendre sur ces points -là. Ils obtenaient des résultats inférieurs ou similaires aux méthodes que l'on pouvait comprendre et trouver des propriétés. (Aléna F., informaticienne)

Il n'est pas le seul sur le terrain de cette critique. Les sociologues Boullier et El Mhamdi mentionnent les « appels récurrents à ramener plus de rigueur dans le Machine Learning<sup>485</sup> » entendu aujourd'hui comme étant l'apprentissage profond. Ils citent un entrepreneur désolé de constater davantage de « tâtonnements » que de « science » dans ses collaborations universitaires<sup>486</sup>. En 2017, lors de la 31e conférence sur le « Neural Information Processing system », un chercheur de Google Brain parla « d'alchimie<sup>487</sup> ». En outre, l'ombre de la « créativité » du chercheur n'est jamais bien loin. Selon plusieurs et à la tête desquels se trouve Yann Lecun, chercheur français et directeur de recherche en IA chez Facebook, l'aspect empirique inhérent au ML offre une certaine liberté dans l'élaboration de solutions satisfaisantes<sup>488</sup>.

Sandra S. déplace la question de la « rigueur » vers celle de la compréhension et rejoint l'enjeu soulevé par Jessica M sur le sens et les mathématiques :

---

<sup>485</sup> Boullier et Al Mhamdi, *Op. cit.*, p. 12.

<sup>486</sup> Ibid. p. 12.

<sup>487</sup> Ibid. p. 12.

<sup>488</sup> Ibid. p. 12

Non, ce n'est pas vrai. Ce n'est pas que ça manque de rigueur, au contraire et dès le départ, c'est un **domaine qui est très mathématisé, beaucoup plus que le reste de l'IA. L'IA en général s'intéresse à la logique, pas aux mathématiques.** Donc, les **réseaux de neurones sont formellement mathématisés** dès le départ. Par contre, ce que font les réseaux de neurones est **souvent incompréhensible mathématiquement.** C'est trop compliqué. On peut donner une définition formelle des algorithmes ou des procédures d'apprentissage, mais ce processus de **modélisation de fonctions complexes est mathématiquement incompréhensible.** (Sandra S., informaticienne)

À ce point-ci, on comprend que le machine Learning au sens où on l'entendait durant les années 1990 en comparaison avec le Deep Learning n'est pas davantage mathématique, mais offre la possibilité de suivre le traitement des données à travers un résultat mis en équations explicites :

Moi, j'ai un **background beaucoup plus mathématique**, j'ai une approche beaucoup plus mathématique de sorte que j'aime toujours dire « Ok, qu'est-ce que tu veux dire par ça ? Tu me donnes des termes ... » Hier, j'étais avec un étudiant, puis il me dit c'est [phrase : vocabulaire spécialisé], c'est écrit dans un papier ici. Je lui demande ce que cela veut dire. Il hésite. J'étais avec un **autre étudiant en mathématiques qui m'écrit une équation. Tu vois la différence?** Quand on a des mots, on aime bien les définir. (Aléna F., informaticienne)

Les équations ne manquent pas dans l'approche neuronale, mais le résultat est un ensemble de connexion et non une équation :

**Non, elle [l'équation] est dans le réseau. La fonction est le réseau. Elle n'a pas d'équation.** Elle n'en a jamais eu. Par apprentissage, le réseau a incarné une fonction particulière, « incarné » voulant dire l'état des poids du système. Justement, **cette fonction n'a pas de forme mathématique.** Si elle avait **une forme mathématique, on n'aurait pas besoin de réseau de neurones.** (Sandra S., informaticienne)

Une fois de plus, l'IA se rattache au réseau de neurones et non au ML selon Aléna F. Elle sous-entend que l'IA n'est pas mathématique au sens où elle ne s'associe à aucune démonstration :

C'est pour ça que les réseaux de neurones à la fin des **années 1990** sont tombés un peu « out of fashion », parce que **la communauté de Machine Learning est devenue beaucoup plus mathématiques**, beaucoup plus reliées aux statistiques et d'autres communautés telles que celle de l'optimisation. Je crois aussi que c'est plus difficile d'avoir une approche mathématique sur **l'IA; c'est beaucoup plus vague, c'est beaucoup plus compliqué, c'est plus systémique**, c'est pour ça que ça s'est distancié un peu. Cependant, ce qui arrive est que **les réseaux de neurones profonds ont eu des résultats formidables empiriques** (Aléna F., informaticienne)

La recherche d'une démonstration mathématique dans le Deep Learning existe malgré tout :

[...], mais j'ai vu des papiers qui se demandent pourquoi ça converge, rapidement ou lentement ou pourquoi il y a ce côté vulnérable. Des gens ont proposé des solutions et **c'était une première, car basées sur des maths**. Quelqu'un disait par exemple qu'aujourd'hui on dérive par rapport à l'erreur, mais que se passerait-il si on dérivait par rapport à l'input et que l'on mettait une pénalité pour dire par exemple « OK, tu as dit que c'était un « 7 » à cause de tel ou tel pixel ». Si je changeais ce pixel, est-ce que ça irait vite ou lentement ? Si ça change tout, ce n'est pas censé. Et justement les gens forcent le réseau à être beaucoup plus calme dans ses prédictions et **ils obtiennent des résultats extraordinaires. Ceci est basé sur des mathématiques**. (Jessica M., étudiante à la maîtrise)

Or, « basé sur les mathématiques » ou sur une démonstration par l'exemple peuvent se rejoindre :

[...] « J'ai fait une attaque, je l'ai entraîné, je n'ai pas fait d'analyse mathématique sur les mécanismes de calculs, mais seulement sur cette attaque-là et ça marche bien ». Or, quelqu'un est arrivé et a dit que ça ne marche pas. Il a créé un autre exemple et a démontré que cela ne marche pas, avoir une intuition où **mathématiquement il montre** que ça se passe sans doute comme cela. **Il aligne des équations** et dit ça fait ceci, ça fait cela. (Jessica M., étudiante à la maîtrise)

Idéalement, le bienfondé de la mathématique utilisée en tant qu'outil passe par la mathématique comme moyen de démonstration, signe d'une professionnalisation selon Jessica M, autre façon d'exprimer cette idée de « rigueur » :

Dans beaucoup de papiers, Il y a eu des **équations mathématiques qui montraient que l'objectif d'un réseau de neurones c'est de minimiser cette équation**. Il y avait deux ou trois calculs, il disait que ça semble annoncer cela, on devrait alors faire ceci. Il y a ce côté « aim to end » ( ? ) d'une démonstration mathématique, de dire on va faire ça et ça va faire ceci puis cela. Il commence à y avoir des choses. En tous les cas c'est peut-être moi et je vais peut-être être très méchant, que **le domaine se professionnalise**. (Jessica M., étudiante à la maîtrise).

Sans ce double usage des mathématiques, on peut se demander si le fait d'ignorer le chemin menant au résultat rapproche l'IA neuronale d'un phénomène émergent et ainsi de la créativité entourée de son aura de mystère de connaissance nouvelle ? Diego Z. qui parlait d'une « vraie notion d'intelligence » (chap. 3) ajoute :

« Donc, il y a très peu de gens qui vont juste mettre un code en ligne sauf un domaine, **le domaine de l'IA pure**. » (Diego Z., étudiant en doctorat)



« C'est un peu spécial. Mais là, on rentre ... c'est le MILA. C'est l'idée d'aller chercher une **intelligence un peu spéciale**. » (Diego Z., étudiant en doctorat)

À l'instar de plusieurs chercheurs avec qui nous nous sommes entretenus, les propos de Diego Z. s'accompagnaient d'une réflexion progressive sur ce qu'il disait, une exploration du sujet qui parfois le menait à tenter de deviner ce que j'avais en tête. Aussi, malgré le côté « pur », « abstrait », « spécial », « vraie », le même chercheur, Diego Z. rejoint l'avis de ceux pour qui l'IA se ramène à une construction mathématique :

Du moins, on essaye de faire que ce soit cela, mais une fois dedans, on se rend compte que c'est **essentiellement beaucoup des mathématiques**, de l'optimisation. La notion d'apprentissage est **l'apprentissage d'une fonction mathématique** [mais qui ne prend pas la forme finale d'une équation] qui permet, par exemple, de reconnaître des images. Ce n'est plus une intelligence comme celle de l'être humain. Je trouve que **l'intelligence de l'être humain est quelque chose de presque intouchable**. Même si on est intelligent, **on ne peut pas définir ce qu'est l'intelligence humaine**. [...] Je pense que je vais apprendre beaucoup de ce que l'on appelle l'IA, mais **ce n'est pas de la vraie intelligence** comme nous on conçoit l'intelligence pour l'instant." (Diego Z.)

## **La statistique classique et les réseaux neuronaux**

La rigueur reviendrait à la statistique classique dont les modèles sont mathématiquement démontrés. Alena F. ajoute :

« Les statistiques c'est un peu partout en science. Tu as des données et tu veux faire un modèle. C'est un peu ce que la science fait. Tu as des observations et t'essayes d'expliquer comment ça fonctionne. »

La science se retrouve liée aux statistiques dans une discussion à nouveau sur les deux « cultures ». Alena F. qui « adore les maths » reste admiratrice des résultats de la recherche neuronale et admet la limite d'une approche de statistique classique : « si on utilise les stats pour faire un agent, on ne peut pas faire comme juste les statisticiens et écrire des équations. "It doesn't scale". C'est difficile de mettre les trucs ensemble et c'est là que l'informatique joue un rôle important. ». « L'informatique » veut dire que ce ne sont pas des mathématiques, mais de l'algorithmique au sens où Breiman l'entend. Elle citait un de ses collègues qui jugeait qu'un statisticien « faisait juste de l'analyse de données avec des modèles statistiques ». Pourtant, les statisticiens auraient pu être à l'avant-scène aujourd'hui selon Laurence F., administratrice :

Je pense que personne n'a pu s'y intéresser avant parce que, avant, il y a dix ans, il n'y avait ni les données ni la puissance de calcul nécessaire pour faire ça. Il se peut que ce

soit juste un effet « **je suis le premier, je pose mon drapeau** ». Le milieu de l'IA et celui de **l'apprentissage profond a été le premier à exploiter tout ça, de s'engouffrer là-dedans**. Peut-être que si les modèles à neurones profonds n'avaient pas existé, alors il se peut qu'en ce moment, **d'autres modèles statistiques tireraient parti de la puissance de calcul et de l'accès aux données**. C'est peut-être seulement un **accident de l'histoire** du fait que ce ne sont pas les départements de **statistiques computationnels** qui aujourd'hui sont sous les feux de la rampe. Probablement qu'ils avaient autant de chances, mais leurs algorithmes n'étaient pas mûrs au moment où la technologie était prête ou bien il y a eu un moment où les choses n'étaient pas synchrones. Il n'y a pas de raisons profondes pour lesquelles ils n'auraient pas travaillé sur le même genre de choses.

Sandra S. va dans le même sens :

**Les réseaux de neurones sont clairement en train d'entrer dans le pot commun**. Et les techniques que l'on peut appeler neuronale si l'on veut, **connexionniste ou neuro-mimétiques**, on peut très bien les utiliser sans se soucier aucunement de l'origine ou des applications. Il y a des domaines où s'est intéressant. Et justement, il y a une question classique, c'était hier, il y avait quelqu'un qui faisait du Deep Learning, une question de l'assistance dont moi d'ailleurs, « **d'accord c'est très bien tout ça, mais ce n'est pas différent de méthodes statistiques bien connues** ». **Pourquoi alors appelez-vous cela du Deep Learning** ? Tout cela est déjà connu, on peut faire cela avec des méthodes purement statistiques et bon, il était un peu jeune, il n'avait pas de réponse. Moi, je sais ce que j'aurais dit à sa place. C'était la question que l'on posait. **D'accord c'est neuronal, mais on peut faire ça autrement**. Statistiquement ce serait la même chose avec les mêmes résultats.

Ainsi, je demande à Jessica M. si le travail d'un chercheur en IA neuronale pouvait se ramener à celui d'un statisticien. Sa réponse ambiguë tente de présenter l'originalité de l'apprentissage profond :

Je dirais que dire **cela marquerait la mort de ma discipline**, parce que justement ce serait dire « Oui, on sait que ceux sont des statistiques, on a des gens très bons en statistiques, on a des gens très bons en IA ». **Et puis, oui, ça fait des stats**, c'est un système statistique, si jamais tu prends 500 chiens et tu leur dis c'est une image de Claude François, alors il va voir un chien et il va dire « c'est Claude François ». C'est des stats, on est d'accord là-dessus. **Ça apprend statistiquement, parce que l'on veut que ça apprenne statistiquement**. [...]. Et comment je bouge les courbes de la fonction pour faire matcher mes données ? Ça me regarde si j'utilise les réseaux de neurones. Nous ne sommes pas obligés d'utiliser la rétropropagation. C'est aujourd'hui, la seule méthode qui marche vraiment bien et que l'on a. Elle consiste à dire « est-ce que tu as fait une erreur ? », « Oui ? », « eh bien, la prochaine fois, je ne la ferai pas ». **Du coup et c'est la force des grands nombres [on retrouve le « fréquentisme »], qui est de dire qu'avec énormément de données, les données représentent une distribution de ce que c'est que la vérité**. Du coup, **on va apprendre cette distribution** et ensuite le problème est réglé. Comme on a appris cette distribution, chaque rencontre avec la réalité, « est-ce que tu vois un chat ou un chien ? », un des deux, c'est juste la

manifestation d'une variable aléatoire, d'une pièce que tu aurais lancée en l'air, qui est tombée sur le côté pile et puis il y a eu un chat qui était comme ça, comme ça, etc., et puis un chien qui était comme ça, etc. Et donc, oui, tu peux dire que j'ai appris une distribution des deux. **Mais au final, le réseau de neurones peut apprendre n'importe quoi.**

Elle rappelle au passage que l'IA ne se réduit pas aux réseaux neuronaux ou la statistique :

Oui, ça a complètement du sens au fond, car **nos systèmes sont statistiques**, mais dans ce cas-là que peut-on penser **des raisonneurs ontologiques** qui sont des systèmes qui utilisent des solveurs de théorèmes qui sont **entièrement logiques, qui appliquent mécaniquement la logique de premier ordre**, qui ne se trompent jamais, mais qui ne peuvent que peu généraliser ? Il existe des systèmes logiques qui sont de l'intelligence artificielle.

### **Statistique, statistique computationnelle, réseaux neuronaux**

Les équations linéaires et non linéaires établies de la statistique classique (ex. fonction logistique), les espaces vectoriels de l'approche Support Vecteur Machine à ranger du côté des statistiques computationnelles ou encore l'approche neuronale<sup>489</sup>, dessinent au moins trois groupes distincts de chercheurs selon Laurence F, administratrice :

Il y a toujours une continuité. On peut toujours dire, moi j'entends régulièrement dire « **les réseaux de neurones** profonds, ce n'est rien de nouveau, c'est de l'optimisation mathématique, on connaît ça depuis 50 ans ». « Oui, OK, c'est vrai et puis c'est des maths ». Sauf qu'ils commencent à être une **partie spécialisée des maths**, ce ne sont pas toutes les maths et donc ça vaut le coup d'en faire **un domaine à part**. je pense que **pour la science des données**, c'est un peu ça aussi. On parle effectivement, de **statistiques computationnelles**, il y a beaucoup de choses que l'on peut aller trouver là-dedans. **Les modèles à réseaux de neurones, on peut aussi les considérer comme des modèles statistiques**, il n'y a pas de problèmes avec ça. **Mais, à un moment donné, il y a un élastique entre les deux et si l'élastique est suffisamment tendu, cela vaut le coup de considérer c'est quelque chose de différent.** (Laurence F., administratrice)

Ce sont de **nouveaux outils** qui arrivent par d'autres champs. Je dirais que les **statistiques computationnelles n'ont pas développé tout ce dont on entend parler de nos jours au niveau des réseaux de neurones**. Elles ne se sont pas posées non plus - et je généralise, car il y a peut-être de nos jours des départements de statistiques computationnelles qui s'appellent aujourd'hui intelligence artificielle et analyse de données – ils ne se sont pas posés ou moins posé des **questions d'architecture, d'accès aux données, de quantité de données, de la façon dont on gère des données** qui ne tiennent pas sur un seul ordinateur. Donc, c'est ces petits éléments que l'on

---

<sup>489</sup> Ian Goodfellow, Joshua Bengio, et Aaron Courville, *Deep Learning* (Cambridge: MIT Press Book, 2016), <http://www.deeplearningbook.org/>.

rajouterait, je ne suis pas un spécialiste là-dedans, mais ça pourrait être une piste que je donne.

Jessica M. mentionnait aussi cette « continuité » entre statistiques et approche neuronale puisqu' « elle permet de hiérarchiser et d'apprendre la distribution de la réalité [...] » (Jessica M.) quoique le caractère mathématiquement démontré du résultat lui fasse défaut et la prive de toute prétention à la rigueur pour d'autres chercheurs. Il semble que cette position a été plus radicale par le passé dans la mesure où la mathématique conçue exclusivement sous le jour de la démonstration excluait l'approche neuronale non seulement du Machine Learning, mais également de l'IA :

Pendant longtemps, les gens de l'IA ont regardé **les réseaux de neurones avec méfiance alors qu'historiquement c'était à la base de l'IA**. Ensuite, ça passé de côté. Pendant longtemps, **l'IA a été dominée par des gens qui faisaient de la logique** [traitement formel]. **Et donc, les réseaux de neurones, ils disaient que ce n'était pas de l'IA**. Les frontières sont floues, mais maintenant il est entendu qu'ils font partie de l'IA, me semble-t-il. Mais bon, il y a des gens qui peuvent dire que ce n'est pas de la vraie IA (Sandra S., Informaticienne)

Ce propos rappelle que l'IA ne peut pas se réduire à une forme plus ou moins proche de la statistique, car ce serait écarté l'autre mathématique de ses débuts, la logique, où la connaissance était vraie, car certaine, c'est-à-dire démontrée. Aujourd'hui, les réseaux neuronaux ramènent l'IA du côté de la nouveauté, de l'efficacité et du « vrai », les trois propriétés en tension avec le caractère « démontré » ou non des résultats produits.

Quant à aux propos sur le « rigueur », ils s'adressent à quatre formes de connaissances : savoir qu'un objet appartient à une catégorie précise, la quantification d'un objet ou d'une situation (ex. défaut de paiement), savoir qu'un objet pourrait exister (ex. reconstitution de la partie manquante d'une image) et enfin un énoncé (« statement ») « vrai » :

La prédiction est justement ce qui sort d'un réseau de neurones quand on lui donne une donnée. Il fait une prédiction sur ce que c'est dans le cas de **la classification**. Il fait une prédiction **sur une valeur** quand c'est sur la **régression**. On peut même dire que la « génération » c'est faire une prédiction à propos de **quelque chose qui pourrait exister**. Donc, la prédiction est toujours le Output. Par définition, comme c'est un système statistique, pour toutes les approches de statistiques, il fait une prédiction. **La prédiction c'est ce qui a le plus de chance d'arriver**. À l'instar d'une prédiction météo, Ils t'ont dit qu'il allait faire 30 degrés aujourd'hui, **mais ce n'est pas vrai. Prédiction égale Output**. Pour revenir à ta question, c'est une erreur en disant que l'intelligence

artificielle c'est des statistiques computationnelles, parce que là, **c'est oublier la logique, dire qu'il n'y a plus que la statistique qui existe**. C'est intéressant, car **un système logique ne fait pas une prédiction, il fait un « statement »**, car il sait que c'est vrai. Au final, **« prédiction »** revient souvent, mais qui est juste **un « side effect »** des statistiques. (Jessica M., informaticienne).

Est-ce que la prédiction est vraiment un « effet secondaire » des statistiques ? Les débats autour du statut des mathématiques destinées aux modèles ML posés par les uns comme moyen de preuve et par les autres comme moyen de décider et d'agir est alimenté en IA par l'ambivalence des termes théorie et méthode, expériences et expérimentation ou encore expliquer et prévoir, relatifs encore une fois aux rapports entre « vraie » et « démontrée ».

### « Prédire n'est pas expliquer »

Le modèle ML est à l'usage un moyen d'exploration dans plusieurs domaines d'applications et les chercheurs reconnaissent l'importance de l'interprétation par la place de l'être humain en tant que producteur et sujet observé (chap. 5). Aussi, je m'interroge sur la pertinence de la démonstration mathématique et de la reproductibilité quand l'objet de la modélisation est la connaissance ordinaire. Je passerai par les sciences pures, en m'aidant des arguments du mathématicien français René Thom sur la controverse engendrée durant la seconde moitié des années 1970 par sa « théorie des catastrophes<sup>490</sup> ». « Prédire n'est pas expliqué<sup>491</sup> » sont les entretiens d'Émile Noël<sup>492</sup> sur ce sujet. Un des points clefs du livre est ceci :

En physique, cette théorie [théorie des catastrophes] n'a que peu d'intérêt: le propre du phénomène physique, c'est d'être décrit, grâce aux lois physiques, par des modèles quantitatifs; il y a donc des équations, lesquelles sont données par des lois. Elles ne font pas appel à l'intuition, sauf rarissime exception. En revanche, dans des domaines

---

<sup>490</sup> Thom s'intéresse à la topologie, l'étude des formes spatiales, une chose qu'il dit « concrète » contrairement à l'algèbre Il reprend le mot « catastrophe » de la physique. Sa théorie porte sur les changements de nature de l'espace, à la frontière de deux espaces et selon l'hypothèse que l'espace n'est homogène que localement. Le « bord » d'une table, le « bord » d'un mur, ces « frontières » (p. 21) sont autant de « discontinuités » (p. 28), « d'accidents » ou de « catastrophes » dont il a inventorié sept formes (p. 24).

<sup>491</sup> René Thom, *Prédire n'est pas expliqué* (Paris: Editions Flammarion, 1993). Entretiens menés avant 1991, date de la première édition chez Echel.

<sup>492</sup> Émile Noël est « Diplômé de l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), DESS de psychopathologie, Doctorat IIIe cycle (esthétique et science des arts), Doctorat d'État en Sciences humaines (Théâtre, psychanalyse et science de la communication). Enseignant (Paris 8 et Marne-la-Vallée (Institut Charles Cros 2006) ». From <<http://www.sans-forme-ni-chemin.com/spip.php?article40>>.

où il n'y a pas d'équation, mais où l'on observe un comportement global assez régulier, les modèles catastrophistes ne manquent pas d'intérêt<sup>493</sup>. »

Thom défend l'idée d'une application de sa théorie à la métaphore de la « boîte noire<sup>494</sup> » conceptualisée par le « système », un réseau neuronal dans notre cas, dont on ne peut « casser la boîte<sup>495</sup> », mais dont les liens entre entrées et sorties aboutissent à une régularité sujette à interprétation sur les raisons, soit une explication non mathématisable. Si chaque catastrophe de Thom (Frise, Queue d'aronde, etc.) a son équation, celle-ci ne nous dit rien de l'origine physique, chimique ou biologique<sup>496</sup> de la forme invariante, la continuité dans la discontinuité<sup>497</sup> dirais-je et à laquelle Thom s'intéresse en faisant jouer les variables des équations<sup>498</sup> des sept types de catastrophes formalisées. Au passage, on voit la portée d'une telle formalisation mathématique en sciences sociales et que Thom ne manque pas de signaler avec les travaux du mathématicien britannique Christopher Zeeman<sup>499</sup>.

Nous en venons à l'essentiel dans cette reformulation des deux usages des mathématiques. La théorie des catastrophes est une « méthode », une « herméneutique » dira Thom, elle donne les règles (les équations) du changement de forme, les règles de « l'intelligibilité<sup>500</sup> », mais ne dit rien sur cette dernière. L'intelligibilité est laissée dans les mains de l'utilisateur. Ainsi, à quoi les chercheurs en IA voudraient-ils aboutir avec une démonstration portant sur la connaissance ordinaire traitée « statistiquement » ?

Pour l'heure, cette quête des informaticiens s'apparente à la tentative de ramener une méthode à une théorie au sens d'explication en termes de relation causale en guise d'interprétation dans ce qui n'est que corrélation. Auquel cas, le déterminisme se rattache

---

<sup>493</sup> Thom, *Op. cit.*, p. 32.

<sup>494</sup> Ibid. p. 35 à 38.

<sup>495</sup> Ibid. p. 36

<sup>496</sup> Ibid. p. 43.

<sup>497</sup> Je ne classe pas Thom parmi ces penseurs de la cybernétique. Toutefois, derrière l'intérêt de Thom pour les « ruptures », c'est la question de l'ordre et du désordre par des intellectuels des années 1950 et 1960 déçus de la modernité et des horreurs qu'elle a apportée avec tant de rapidité et de violence.

<sup>498</sup> Ibid. p. 42.

<sup>499</sup> La théorie générale des systèmes (1947) du biologiste Ludwig von Bertalanffy pouvait également contribuer à une « théorie unifiée du comportement humain » selon un des collègues de Bertalanffy et en référence à la psychiatrie en particulier (p. 5). Le sociologue allemand Nikhlas Luhmann s'est inspiré notamment de cette théorie générale des systèmes. Voir Ludwig von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes* (Paris: Dunod, 1968 (1993)).

<sup>500</sup> Ibid. p. 29.

davantage à l'interprétation faite par les concepteurs et les usagers qu'à l'approche informatique choisie. Si mon analyse s'avère correcte, prédire quantitativement avec justesse se rapporterait alors à une opération de validation et valider se confondrait avec expliquer. Thom précise que les sciences pures se permettent de prédire, car la prédiction s'appuie sur un modèle explicatif mathématique (causal au sens de lois). Un tel modèle n'existe pas en IA de sorte que la prédiction n'est même pas une confirmation, et ce, à l'instar d'une théorie des catastrophes qui de toutes les façons selon Thom n'est pas capable « d'une prédiction quantitativement approchée<sup>501</sup> ». La théorie des catastrophes n'a pas le pouvoir de mathématiser une situation qui par elle-même n'est pas mathématisable », c'est-à-dire qui ne se soumet à aucune « loi quantitative explicite<sup>502</sup> », ce qui à priori est le cas de la sociabilité humaine. On pourrait dire de même du modèle ML. Donner à une situation quelconque une forme mathématique précise, la « General-purpose Learning procedure » de LeCun, ne la mathématise pas pour autant au sens de la physique. Elle ne fait pas surgir l'immuable au sein d'un monde en continuel changement (chap. 7) à partir d'un ensemble de relations entre éléments, le tout mathématiquement démontré et lui conférant le statut d'une loi existante que l'on viendrait de découvrir. Pourtant, des relations causales apparaissent établies de facto, ne serait-ce que par les actions prises par les entreprises commerciales quand une corrélation émerge de leurs modèles : « efficace » et « nouveau » priment-ils sur « vraie » et « démontrée » ? Si oui, cette causalité n'a qu'une fin pratique, des hypothèses totalement détachées des sciences et de la recherche de la « rigueur ». Elles se rattachent non pas au modèle ML, mais aux interprétations des résultats dans des débats sans fin.

Quant à la reproductibilité en sciences pures, Thom critique la confusion entre expérimentation et expériences<sup>503</sup>. À l'instar des modèles ML, l'expérimentation ne concerne pas l'« herméneutique » de Thom faute d'une explication théorique. Les expériences en informatique ne sont que des confirmations ponctuelles, aléatoires que l'on peut toujours produire en réunissant les chances de notre côté, notamment dans le travail accompli sur les ensembles de

---

<sup>501</sup> Ibid. p. 42.

<sup>502</sup> Ibid. p. 43.

<sup>503</sup> Ibid. p. 34

données. Les modèles ML se contentent de prédictions dont la justesse s'appuie sur des « expériences » à la suite desquelles la généralisation présente des limites bornées encore une fois par les interprétations possibles, faute de la mise à jour de mécanismes sous-jacents. Appliqués aux objets connectés et aux actions posées par les machines (chap. 7), y a-t-il prétention à formaliser causalement l'action humaine alors qu'elle est menée par un savoir ordinaire tributaire de mises en forme par les rapports sociaux ?

En résumé émerge ce qui semble être une contradiction. D'un côté ces modèles ML sont reconnus à l'usage par les informaticiens et diverses catégories d'utilisateurs comme une méthode d'investigation et dont on explore actuellement les apports dans plusieurs domaines. De l'autre, la scientificité affirmée par certains chercheurs et concrétisée par la quête du « vrai » et du « démontré » porte à croire à l'existence d'une démarche qui veut transformer cette méthode en théorie. Pourtant, l'explication n'est pas visée dans le milieu selon Sandra S., informaticienne :

C'est l'ensemble des poids du réseau, c'est la totalité des poids, parce que la réponse ici est dû à l'ensemble des poids du réseau. Tout le monde contribue. Ils sont tous reliés. Et là, c'est un cas simple. Donc, c'est un paquet de poids et **comprendre ce que ça fait c'est un des problèmes des réseaux de neurones, c'est une boîte noire.** Imaginez un diagnostic médical. Ce n'est pas une image, c'est un ensemble de symptômes : « est-ce que c'est un cancer ou non ? », « D'accord très bien, pourquoi ? » : vous ne le savez pas. Bon, c'est plus compliqué maintenant, car on peut analyser le comportement du réseau. Dans le Deep Learning, les couches se spécialisent dans tel ou tel sous domaine, sous problème du problème et donc les couches deviennent plus ou moins parlantes pour nous. Mais, **en gros, pourquoi un cancer ? On ne sait pas, c'est mon avis.**

Il rejoint la conclusion de Jean De Munck où au terme de l'apprentissage du joueur d'échecs, « Un expert « ne pense pas », il « ne résout pas de problèmes et ne prend pas de décisions: il fait ce qui normalement fonctionne bien<sup>504</sup> ». La chercheuse Sandra S. reprend cette idée :

Au passage, lors d'une vraie expertise humaine, **un expert ne sait pas pourquoi, bon, le vrai expert ...** Vous avez une image de tumeur, ils vont dire « ça, c'est une tumeur », « ça, ce n'est pas une tumeur », « là, j'ai un doute ». Pourquoi ? Ils vont trouver l'explication, mais ça ne tient pas la route. **J'ai travaillé, fait des systèmes experts, j'ai**

---

<sup>504</sup> Les étapes d'apprentissage du joueur d'échecs étudié par les frères Hubert et Stuart Dreyfus. De Munck, Op. cit., p. 59 à 63. Citation p. 62.



**essayé de formaliser le comportement d'un expert et ils ne savent pas pourquoi.** Ou alors, ce qu'ils vous sortent, c'est l'explication apprise à l'école, enfin à l'université. On leur fait remarquer « Ce n'est pas vrai ce que tu me racontes (Sandra S., informaticienne).

Je posais la question suivante : « C'est le savoir-faire, l'expérience que vous tentez de formaliser ? »

**C'est absolument ça. Et un vrai expert ne sait pas pourquoi.** Bon, nous sommes des êtres humains, nous avons des connaissances formelles, livresques, on va essayer de s'expliquer. Imaginez deux médecins qui ne sont pas d'accord sur le diagnostic. **Ils vont dialoguer, discuter. Mais dans neuf cas sur 10, ils savent ce que vous avez, mais ne savent pas vraiment pourquoi. C'est ça un expert.** Non, mais, ça veut dire que c'est vrai. Socialement, ça pose des problèmes. Il y a des cas où le type vous dit « vous êtes sûr que c'est un cancer, j'aimerais bien savoir pourquoi ? ». Il arrive à s'expliquer, mais c'est discutable, il va raconter ce **qu'il croit devoir raconter** (Sandra S., informaticienne).

En fait, ces modèles ML parfaitement définis sur le plan mathématique sont une invitation à en faire un usage scientifique, un outil de production de corrélations dont on tire des connaissances examinées à l'aune des propriétés du savoir spécialisé<sup>505</sup> auquel il s'applique. La question se déplace alors d'une quête sur la scientificité du modèle ML à la scientificité de son insertion dans la méthodologie propre à chaque domaine d'application. Ainsi, la recherche sur ces modèles ML selon un horizon<sup>506</sup> scientifique inclurait une discussion sur les règles constitutives des propriétés du vrai et du démontré relativement à la connaissance du domaine exploré lors de son utilisation. Au-delà, il existe plusieurs questions relevant d'une épistémologie interne à l'IA contemporaine et dont le document de Joëlle Pineault<sup>507</sup>, professeur-chercheur à McGill University est un point de départ.

À titre indicatif, voici quelques questions possibles<sup>508</sup> en gardant en tête que ma préoccupation est la captation et la modélisation des traces de l'action humaine :

---

<sup>505</sup> Dans le cas du triage des patients atteints du coronavirus (version Covid19), la probabilité qu'un individu soit atteint selon une conjonction de facteurs ne dispense pas le patient d'un suivi par le médecin. L'algorithme permet l'action, ici le classement par un personnel hospitalier débordé. Voir <https://www.technologyreview.com/2020/04/23/1000410/ai-triage-covid-19-patients-health-care/>

<sup>506</sup> Mot repris à propos de la sociologie par Paul Sabourin sachant que l'horizon par définition ne s'atteint pas, mais les moyens pour tenter de s'en approcher peuvent donner une certaine scientificité à la discipline.

<sup>507</sup> Il est accessible à partir du site de Joëlle Pineault : <https://www.cs.mcgill.ca/~jpineau/>

<sup>508</sup> Adaptation de notes de cours de Paul Sabourin qui s'exprimait à propos de la sociologie.

- Peut-on mettre en rapport les différentes visées de connaissances de l'IA (une vieille question<sup>509</sup>) ?
- Selon quelles limites peut-on objectiver ce fait humain sur lequel porte l'IA contemporaine, soit l'action menée par et constitutive de la connaissance ordinaire ?
- Quelles sont les adaptations à l'IA des exigences de la rationalité des sciences pures ?
- Que signifie « expliquer » en IA : démontrer, décrire, interpréter, prédire avec justesse, agir ?
- Sur quelles bases actuelles reposent la connaissance à l'origine du développement de l'IA aussi bien que la connaissance produite par les artefacts ? Par exemple, est-ce l'autorité ou le prestige de la personne qui la proclament, sa valeur marchande, sa valeur d'usage, la revue ou la conférence dans laquelle elle est présentée ?

Je m'interroge également sur la cumulativité des travaux en IA. Contrairement aux trois sciences « dures », Ekbia rappelle que les « paradigmes », les « so-called revolutions<sup>510</sup> » se succèdent, chacune avec la prétention de remplacer les précédents. La chercheuse Jessica M. croit en l'avenir de la combinaison de l'IA classique et neuronale alors que la question étroitement liée de la connaissance préalable pourraient être le début d'une forme de continuité nonobstant l'existence des « communautés » de chercheurs et leurs revues spécialisées qui les encouragent à mener un travail en silo si l'on en croit Alena F.

En somme, la recherche en IA vise à produire une « réalité » qui, « quelle que soit l'interprétation que la philosophie veuille donner à ce terme s'oppose ici à toute production que l'imagination construirait sans obstacle<sup>511</sup>. » Cette réalité est un niveau de généralisation des faits singuliers qui, à l'usage se limite à une opération de validation réduite à plusieurs exécutions au sens informatique (« run ») lors de laquelle les ajustements du modèle ML se feraient au grès des connaissances préalables et reconnues du domaine d'application (usage selon un horizon

---

<sup>509</sup> En introduction, nous avons présenté LightHill et Ekbia.

<sup>510</sup> Ekbia, *Op. cit.*, p.3.

<sup>511</sup> Gilles G. Granger, « Épistémologie », in *Encyclopædia Universalis* (Paris, 2016), <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/epistemologie/>.

scientifique) ou selon les aléas de la vie des utilisateurs (usage en vue d'une interprétation causale). Le modèle ML ne se plie ni à une opération de validation ni à une explication au sens des sciences pures. La recherche contemporaine demeure du développement de technologies sur la production automatisée de « connaissances » sans jamais atteindre la production de lois telles que nous les connaissons en science.

Du point de vue de la sociologie, cette généralisation comme « réalité » porte sur la recherche d'une continuité dans une apparente « discontinuité<sup>512</sup> », une manière de parler des régularités sociales articulées par un réseau que je qualifie de « sociotechnique », les fameux objets connectés, l'Internet of Things. En reprenant la réflexion de Jean-Michel Berthelot sur « la théorie logique de la preuve expérimentale<sup>513</sup> », je dirai que toute « proposition p associée à une base empirique » produite par le réseau sera d'abord et avant tout socialement plus ou moins vraie non seulement pour les informaticiens, mais aussi, et surtout pour les usagers et les entreprises. J'examine au chapitre suivant cette formulation de l'irréductibilité sociale de l'intelligence humaine et nouvellement prise en compte dans la recherche en IA selon l'hypothèse qu'un algorithme n'existe jamais seul, et ce, au nom de connexions de tout à tout posées comme solution technique au problème de la formalisation de la connaissance de sens commun.

---

<sup>512</sup> Rappelons-nous la discussion au chapitre 4 sur l'incomplétude de la règle et de la permanence d'un monde dans la tête du quidam qui existe en dehors de toutes traces captables.

<sup>513</sup> Berthelot, *L'intelligence ...*, *Op. cit.*, p. 229.



## Chapitre 7. Le modèle ML : une morphologie sociotechnique

Des modèles dits « algorithmiques » automatisent la mise en forme de la connaissance de sens commun. Ces modèles mobilisent la notion de « lien » à plusieurs étapes de leur élaboration. Rappelons-les brièvement.

Les opérations de « mise en liens » se retrouvent dans un raisonnement qui, entre autres choses, puise dans les statistiques, par analogie avec le cerveau (approche connexionniste) et les liens par analogie faits avec l'être humain (agents) (chap. 3). La définition informatique d'apprentissage intègre également la notion de lien, un lien social technicisé. Dans sa version dynamique, celle adoptée par les grandes entreprises américaines, le modèle s'ajuste au grès des interactions entre usagers comme tiers médiateur ainsi que dans les échanges avec d'autres algorithmes. Toute personnalisation du modèle passe par un ou plusieurs groupes d'utilisateurs (chap. 4). Au cœur d'une chaîne de production de « connaissances », le modèle ML confère à l'être humain le statut de sujet observé et de sujet producteur, pris dans un traitement des données selon une perspective procédurale des activités et soutenu par la promesse d'une nouvelle étape d'industrialisation, la fameuse industrie 4.0. L'aspect procédural de l'algorithme en fait une règle d'usage dont nous ne pouvons encore mesurer la pleine reconnaissance publique, une institutionnalisation en cours qui se retrouve aujourd'hui en débat dans de nombreux champs d'applications (chap. 5). L'aura scientifique des modèles ML concourt à cette institutionnalisation en évaluant les connaissances à l'aune de leur caractère « vrai », démontré, nouveau et efficace (chap. 6).

Dans ce chapitre, je reviens sur la conception technique d'un lien qui structure les rapports sociaux et sous-jacents au concept de « mémoire sociale technicisée » dans le cadre d'un modèle ML comme « objet concret de connaissance ». Je me demande dans ce cas-ci ce que produisent les chercheurs *au final*. Aussi diverses que soient les spécialités des uns et des autres et la grande variété des applications, y a-t-il une direction commune de la recherche en IA, une application générale de cette formalisation de la connaissance ordinaire ?

« Au final » signifie qu'au-delà du lexique de la profession, dans la continuité d'une informatisation croissante des milieux professionnels depuis les années 1960, une industrie du génie logiciel soumet désormais au fonctionnement des algorithmes les objets les plus banals, mais d'une manière bien précise, soit par la formation de réseaux sociotechniques, du moins c'est que je soutiendrai. Le caractère central de la mise en forme d'une connaissance de sens commun, la tierce médiation de l'algorithme et le double statut de ressource et producteur de l'être humain conditionnent le caractère opératoire de l'IA en une forme de gestion des rapports entre personne par l'intermédiaire de la mise en réseau de n'importe quel objet avec n'importe quel objet. Ainsi, les débouchés du modèle ML ne s'appréhendent qu'à travers un réseau d'objets.

Qu'entendons-nous par « réseaux sociotechniques » ? Se concrétise progressivement une mise en réseau des humains et des objets qui intègre dans les calculs le contenu des réseaux sociaux actuels tels que Twitter ou Facebook que l'individu lambda en fasse partie ou non. Dans ce nouveau cadre technique, notre existence numérique limitée aujourd'hui à ce que nous voulons bien publier en vidéo, textes ou images s'étend à nos gestes et activités du quotidien, captés automatiquement, avec peu ou sans intervention de notre part. Les fabricants d'électroménagers<sup>514</sup> et d'automobiles<sup>515</sup> par exemple ou encore une société d'État telle qu'Hydro Québec avec son projet Hilo<sup>516</sup> emboîte le pas à un GAFAM qui repose encore largement sur le travail de captation des téléphones, des ordinateurs et des tablettes<sup>517</sup>.

Je n'aborderai pas l'analyse du point de vue de la littérature en cybernétique ni ne céderai à la vision politique cauchemardesque d'un ordre mondial où il n'existerait plus de modes d'existence en dehors du réseau, un aspect avéré du seul point de vue technique et dans la limite des infrastructures de télécommunication. Je pars plutôt de l'analyse d'une vingtaine d'articles

---

<sup>514</sup> Ex. Samsung.

<sup>515</sup> Ex. Tesla

<sup>516</sup> Hilo, *Op. cit.*

<sup>517</sup> Le GAFAM récolte les données des objets connectés en offrant une plateforme qui les centralise et à partir de laquelle l'utilisateur peut les gérer. Citons « Cloud IoT Core » chez Google et « SmartThings » de Samsung. Voir Google, « Google IoT Cloud », Google Cloud, 2020, <https://cloud.google.com/iot-core?hl=fr>; Samsung, « Samsung SmartThings. Add a little smartness to your things », SmartThings, 2020, <https://www.smarthings.com/>. Comme le dit l'entreprise Google : « Un service entièrement géré pour connecter, traiter et ingérer de manière simple et sécurisée des données issues d'appareils répartis partout dans le monde ». L'ingestion en question est-elle la production de modèles ML ?

écrits par des ingénieurs et membres de l'IEEE, concepteurs de réseaux d'objets connectés. L'avenir disent-ils est non pas au IoT, mais au SIoT (Social Internet of Things »). Les réflexions sur les IoT et qui dérivent des travaux sur les SMA des années 1990, tomberont-elles en désuétude à leur tour ou bien est-ce le prochain « buzz » ? En pratique, nous assistons à la naissance d'une industrie de fabrication, de mise en place et d'entretien de réseaux d'objets destinés à s'insérer dans la vie quotidienne. En résumé, tout au long de ces sept chapitres nous franchissons progressivement les étapes suivantes : IA → algorithmes → modèle ML → agent → SMA (Système multiagents) → IoT → SIoT → RMA (réseau multiagents). J'organiserai mon propos comme suit.

Tout d'abord, je relaterai la courte histoire de la programmation à travers la prise en compte par les réseaux IoT de l'irréductibilité sociale de l'intelligence humaine, une hypothèse fondatrice de la sociologie. Suivra une présentation d'un « social » réifié par les objets connectés et décrit dans les articles analysés. Cette section se veut illustrative, sa prétention se borne à donner une idée au lecteur des principes directeurs à l'œuvre dans ce domaine. Enfin, je reviendrai au cœur de ce qui me motive à écrire cette thèse, l'institutionnalisation en cours des algorithmes. Ils n'ont de sens qu'en relation les uns avec les autres dans un réseau de IoT, du moins selon mon hypothèse. L'algorithme « en relation avec » gouvernant les objets connectés est une nouvelle modalité de « distribution du savoir<sup>518</sup> ».

En 1999, Nicole Laurin réfléchissait au « démantèlement des institutions intermédiaires de la régulation sociale<sup>519</sup> ». À l'instar de la sociologue, je m'interroge sur l'émergence d'un « nouveau mode de régulation<sup>520</sup> » des rapports sociaux. Partons de la définition que Laurin donne de l'institution<sup>521</sup> :

Les institutions forment la trame même de l'existence sociale, son fond et sa liaison. Elles désignent les places occupées par les sujets dans différentes sphères et les discours qui organisent les rapports entre les sujets dans ces places. Lieux de la régulation, le plus souvent hiérarchisé, les institutions sont aussi les lieux où s'élabore le sens : l'interprétation de la continuité et du changement. La « participation réelle,

---

<sup>518</sup> À partir de la réflexion de Jean De Munck qui s'appuie sur le sociologue britannique Barry Barnes avec la notion de « pouvoir-en-commun ». De Munck, *Op. cit.*

<sup>519</sup> Laurin, *Op. cit.*

<sup>520</sup> Ibid., p. 69.

<sup>521</sup> Ibid., p. 66.

active et naturelle » à la collectivité, pour reprendre l'expression de Weil [Simone Weil], présuppose une infinité de relations de différentes natures entre les individus, les groupes, les classes, les sociétés. Le procès d'institutionnalisation met de l'ordre dans ces relations, leur donne une certaine stabilité, mais il génère ainsi de nouvelles possibilités de désordre et d'instabilité.

La lecture des articles sur les IoT m'a conduit à réfléchir à ces milliards de connexions actuelles de n'importe quoi à n'importe quoi et qui désignent « les places occupées par les sujets » propriétaires des objets, et ce, en différents lieux et moments où s'élaborent le sens de leur existence et de l'ordre instauré parmi cette « infinité de relations de différente nature ». J'examine l'institutionnalisation des algorithmes « en relation avec » en tant que « dispositif cognitif collectif » technique dont j'abordais la mise en œuvre dans le cadre de l'incomplétude de la règle (chap. 4) :

La notion de dispositif cognitif collectif s'appuie sur ce qu'Olivier Favereau appelle une « lecture procédurale des règles » (ou « théorie réaliste des règles »). Ce type d'approche reprend à la théorie de l'action située l'idée que la sous-détermination des règles appelle, en contrepoint, non seulement des dispositions (à la Searle), mais une réflexivité pratique imaginative. Du coup, la règle n'est pas un déterminant de l'action, mais un « modèle » permettant de configurer une interaction sociale<sup>522</sup>.

Il s'agit bien au sens propre d'une configuration technique de relations sociales. Si la pluralité des institutions assure celle des apprentissages au fondement des régularités et des changements, je me questionne sur ces derniers quand la mise en forme de cette diversité s'effectue par le réseau des IoT. Les ingénieurs de IoT accordent une place centrale à l'espace physique de sorte que ces lectures m'ont renvoyé constamment au point de départ de cette thèse, soit la multiplication (fragmentation) des espaces temps. À celle-ci fait écho, nous le verrons à la fin, le discours du partage (chap. 8) dont je questionne l'aspect idéologique. Toutefois, la « synthèse » est une morphologie « au sens large<sup>523</sup> », désignons-la par « la morphologie sociotechnique des IoT ». Je mettrai ainsi à jour à jour le fondement sociologique de la connaissance pratique du « social » des ingénieurs dans leurs articles à partir de l'espace des algorithmes « en relation avec » et de leurs temporalités dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent. Selon la littérature spécialisée examinée, je serai tenté de dire que les algorithmes

---

<sup>522</sup> De Munck, *Op. cit.*, p. 138.

<sup>523</sup> Halbwachs, *La morphologie ...*, *Op. cit.* Voir plus loin.



« prennent corps » dans une grande diversité d'artefacts inscrits dans une multitude d'espaces et temps, une base matérielle qui n'est plus seulement celle d'un téléphone dit « intelligent ». L'objet connecté s'identifie à un agent informatique dont il hérite du temps linéaire irréversible des activités captées et du temps cyclique de la régularité de nos habitudes. Aussi, le réseau de IoT est à la fois un réseau d'activités des êtres humains et un réseau de mise en liens de leurs régularités<sup>524</sup>. La dimension processuelle<sup>525</sup> limitée de la première se juxtapose à l'aspect procédural au passage de la régularité à la régulation technique des rapports sociaux.

L'institution en devenir sur laquelle porte mon questionnement est cet arrangement sociotechnique où la distribution du savoir connaît une asymétrie légitimée par ce que j'appelle l'idéologie « du partage » et dont « l'économie du partage » est un exemple bien connu. Contrairement à Nicole Laurin, j'écarte l'idée de « démantèlement des institutions intermédiaires » telles que la famille, les loisirs, les activités religieuses ou politiques<sup>526</sup>. D'une part, je parle d'une opération de structuration de l'existant sans pour autant qu'elle nie la variété du contenu sur lequel elle s'exerce. Au fond, c'est réaffirmer la primauté d'une forme sans égard à ce contenu. D'autre part, le pouvoir ne peut pas être envisagé exclusivement sous l'angle politique. Bien entendu, je suis tenté de parler de « connectisme » aux côtés du « dataïsme » pour désigner ces connexions prétendument sociales de tout avec tout selon les articles étudiés. La question de l'idéologie sur le plan sociologique devient celle de la mise en place de « procédures effectives d'institution rationnelle de l'action<sup>527</sup> ». Il s'agit bien bel et bien d'un discours sur l'action concrétisée dans des architectures informatiques provenant de groupes précis et s'appliquant à tous.

## **L'irréductibilité sociale de l'intelligence humaine en informatique**

S'installe progressivement une conception informaticienne de l'intelligence dans sa dimension sociale. Elle correspond en informatique depuis les années 1990 à l'idée en sociologie de l'irréductibilité sociale de l'intelligence humaine. Historiquement, cette réflexion appartient à une

---

<sup>524</sup> Je me partirai de la réflexion en sociologie sur la régularité par Christiane Chauviré et Albert Ogien, *La régularité. Habitude, disposition et savoir-faire dans l'explication de l'action*. (Paris: EHSS, 2002).

<sup>525</sup> Livet et Nef, *Op. cit.* Précisons que leurs propos portent sur la sociologie et non les agents informatiques.

<sup>526</sup> Ibid. p. 69

<sup>527</sup> Expression empruntée à Jean De Munck. De Munck, *Op. cit.*, p. 169.

branche de la recherche qui porte sur les rapports entre entités et présidant à la formation et au maintien de groupes en vue d'effectuer des tâches précises. Les animaux pris en référence sont les bancs de poissons, les colonies d'abeilles, les termites et fourmis ainsi que les vols groupés d'oiseaux<sup>528</sup>. De là, une des applications « bioinspirées » s'intéresse à la coopération entre êtres humains visant par exemple « l'intelligence collective humaine techniquement augmentée<sup>529</sup> ». Les objets connectés prolongent ces réflexions. Leur rôle de médiateurs regroupe humains et machines, et ce, en usant d'une propriété dénommée « sociale » apposée aux rapports.

Ainsi, j'explorerai le concept sociologique de « social » repris par les informaticiens et ingénieurs dans l'élaboration de leurs artefacts et qui dans l'usage deviennent des objets connectés au sein du méta réseau « Internet of things » ou « Internet of everything ». Ce dernier nous oblige à faire un détour par la brève histoire des agents informatiques. Mes lectures me conduisent à distinguer l'agent informatique du génie logiciel de l'agent des modélisations et simulations utilisé par plusieurs disciplines (MABS ou Multiagent Based Simulation). Le premier est un programme informatique « en relation avec » posé comme unité élémentaire et en rapport avec divers autres programmes (agents) pour former des systèmes multiagents (SMA). C'est une forme de programmation « orientée agents<sup>530</sup> » qui se décline en logiciels tels que des interfaces

---

<sup>528</sup> Vaste littérature, on peut résumer en cinq points la recherche à ce sujet : Absence de contrôle centralisé, il est entièrement distribué par la circulation des informations; les communications entre individus demeurent locales ou si l'on veut, elles se déroulent dans un espace clairement circonscrit, un « système » démarqué de, mais en relation avec son « environnement »; les conduites communes à tous les individus et propices à l'intérêt général transcendent celles qui sont particulières à l'intérêt de chacun; les conduites laissent de la place au hasard (« randomness »); L'ensemble des individus forment un tout stable dans le temps et capable de s'adapter aux changements de l'environnement. Je me base sur les travaux de Gianni Di Caro, physicien et docteur en sciences appliquées ainsi que sur un article des informaticiens Alexis Drogoul et Jacques Ferbert. Di Caro travaille sur la « Robotics swarm » puisant dans ce qu'il nomme les « biology-inspired technics for self organization ». Son laboratoire de recherche est à présent le « Carnegie Mellon University Qatar. On peut retrouver ses publications sur <http://www.giannidicaro.com/> et pour une introduction à la « swarm intelligence » : [http://staff.washington.edu/paymana/swarm/dicaro\\_lecture1.pdf](http://staff.washington.edu/paymana/swarm/dicaro_lecture1.pdf). Voir aussi Alexis Drogoul et Jacques Ferber, « Multi-agent simulation as a tool for modeling societies: Application to social differentiation in ant colonies », in *Artificial Social Systems* (Berlin: Springer, 1994), 2–23.

<sup>529</sup> Pierre Levy, « Le jeu de l'intelligence collective », *De Boeck Supérieur* 1 (2003): 105-22.

<sup>530</sup> J'adapte l'expression « programmation orientée objet » qui prit son essor au début des années 1990. « L'objet » dont il est question dans les langages tels que C++ n'a rien à voir dans ce cas avec les objets connectés.

conviviales. Je ne prends pas en compte le second dans mon analyse des réseaux d'objets quoique plusieurs recherches portent sur celui-ci<sup>531</sup>.

Si les sciences cognitives n'en ont pas encore fini avec « l'époque héroïque » de « la cognition de l'agent solitaire<sup>532</sup> », Daniel Andler explique que cette discipline distingue désormais la cognition « relationnelle » et « non relationnelle<sup>533</sup> ». Ces propos ont de quoi surprendre dans la mesure où la sociologie tient pour acquis depuis plus d'un siècle ce que les sciences cognitives semblent découvrir dans les années 1990 :

Les sciences cognitives sont en passe de devenir une composante essentielle des sciences sociales. Il ne faut pas voir dans cette dichotomie une hypothèse implicite ; elle est commode, mais il ne s'agit pas ici de la défendre sur le plan théorique, d'autant qu'elles se heurtent à l'une des idées-forces qui circulent beaucoup actuellement, selon laquelle la cognition n'est jamais intégralement individuelle. »

D'ailleurs, une de nos chercheurs, Sandra S., fut sensibilisé à la sociologie par la notion d'agent, mais sans la placer au centre de la recherche en IA :

---

<sup>531</sup> Voir par exemple, le numéro consacré à la modélisation et à la simulation en 2014 par la Revue française de sociologie. Le sociologue Gianluca Manzo et ses collègues ont relevé entre 2000 et 2014, pas moins de quinze numéros thématiques en informatique, physique, économie, marketing et géographie entre autres (Manzo 2014). De là, il faut distinguer deux types d'usages. Certains sociologues tels que Gianluca Manzo ou le philosophe Pierre Livet voient dans les SMA une méthode au potentiel descriptif et explicatif des régularités sociales à partir de conduites observées chez les populations étudiées (Manzo 2014) (Livet, Phan, et Sanders 2014). On peut parler d'une nouvelle sociologie analytique. Cependant, le SMA est également un outil d'aide à la décision et à l'action pour résoudre les grands problèmes de ce monde (famines, crises financières, environnementales, etc.). Nous retrouvons de nombreux chercheurs italiens ainsi que des laboratoires relevant des Computational Social Sciences tels que le CASOS (Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems) de l'Université Carnegie Mellon. Un des rares livres récents sur la simulation sociale par SMA et codirigé par une informaticienne, une ingénieure civile et un mathématicien parle d'emblée dans sa préface de planification sociale (Adamatti, Pereira Dimuro, et Cohelo 2014). Cristiano Castelfranchi, un cognitiviste italien exprime cette idée : « *In one decade (or a bit more) we will see a generalized and structural use of computer simulations (especially agent-based) as the required ground for all the decisions to be taken in relation to strategies or policies, in military, environmental, economic, financial, urban, demographic, energetic, educational, health, logistic, ... domains.* » (Adamatti, Pereira Dimuro, et Cohelo 2014 : p. 6). Pour mon examen de passage de la 2e année de thèse, j'ai consacré les deux questions de synthèse à la notion d'agent, de SMA, les conceptions du « social » (ex. bottom-up et top-down, atomisme et holisme), les approches et les usages. Aussi, il est impossible dans le cadre de cette thèse de faire le tour complet de ce point. Littérature citée : Pierre Livet, Denis Phan, et Lena Sanders, « Diversité et complémentarité des modèles multi-agents en sciences sociales », *Revue française de sociologie* 55, n° 4 (2014): 689 Dian Francisca Adamatti, Graçaliz Pereira Dimuro, et Helder Cohelo, *Interdisciplinary Applications of Agent-Based Social Simulation and Modeling* (Hershey: IGI Global, 2014); Cristiano Castelfranchi, « Making Visible The Invisible Hand », in *Interdisciplinary Applications of Agent-Based Social Simulation and Modeling* (Hershey: IGI Global, 2014).

<sup>532</sup> Daniel Andler, *Introduction aux sciences cognitives* (Paris: Folio essais, 2004); p. 610.

<sup>533</sup> Ibid. p. 610.

Moins [importance de l'agent] et c'est plus tardif. Mais ça existe aussi. Justement avec les systèmes distribués, dont les systèmes multiagents, mais c'était plus tardif. Je me trompe peut-être sur les dates. Moi, j'ai vécu ça. [...] Je me souviens bien, je me suis engueulé avec ses gens, « qu'est-ce que c'est cette histoire, ce n'est pas notre histoire », mais j'avais absolument tort, j'étais frileux. On peut avoir tort, mais il faut le reconnaître. Au bout de quelques années, je me suis dit « bien sûr c'est intéressant ». Je n'étais pas le seul. Les gens protègent leur territoire. Fondamentalement c'est ça. On ne veut pas partager le gâteau. Les arguments intellectuels, les justifications, on veut garder son domaine. C'est souvent ça. Il s'est avéré que c'était intéressant, que cela apportait des choses. Moi-même, je commençais à m'intéresser à la sociologie.

Le « Mais, ça existe aussi » relativise l'importance des agents en informatique dont certains chercheurs n'ont cure, pourvu que l'on garde les caractéristiques de ces entités avais-je dit antérieurement. À savoir si les agents étaient d'un apport quelconque, l'administratrice Laurence F me répondit :

Rien, j'aurais pu appeler cela un « shplouk » et ça n'aurait rien changer. C'était une façon de conceptualiser le fait que nous avons des entités indépendantes qui interagissent. Pour interagir, elles ont des capacités de perception et d'actions dans un environnement.

Un survol de l'histoire de l'agentivité dont le précurseur fût l'homo-economicus mobilise après la guerre, la physiologie du mouvement (robotique), la psychologie expérimentale, la philosophie et l'économie (ex. Herbert Simon) pour ne citer que les principales<sup>534</sup>. Andler précisera de cette période que :

Mais les apports les plus novateurs concernent le rapport à autrui, appréhendé comme une fonction, soit dans son plein développement soit dans son acquisition<sup>535</sup>.

La fonction considérée consiste en ceci. À tout moment l'agent détermine sa réaction à l'action d'autrui et l'on peut, dans un premier temps, étudier les stratégies qu'il applique, ce qui est l'objet de la théorie des jeux<sup>536</sup>.

Le second est l'anticipation, c'est-à-dire la prédiction de l'action de l'autre à partir de ses intentions supposées, ce qui implique déjà le passage d'une stratégie « behaviorisme » à une stratégie « mentalité », et se complexifie dès que l'on considère que la pensée de l'autre suit le même chemin, en sorte que les anticipations de chacun se fondent sur les anticipations de son vis-à-vis<sup>537</sup>.

---

<sup>534</sup> Ibid. p. 610 et suivantes.

<sup>535</sup> Ibid., p. 644.

<sup>536</sup> Ibid., p. 644.

<sup>537</sup> Ibid. p. 644.

La longue énumération par Daniel Andler des sciences sociales impliquées omet les travaux en sociologie, une discipline qui sera en revanche mentionnée par les informaticiens des années 2000 et 2010<sup>538</sup>. Ces disciplines se déclinent en autant de technologies réunies sous le thème de la convergence des nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et sciences cognitives (NBIC) dont la médecine régénératrice et les réseaux d'objets font partie<sup>539</sup>. Plus précisément selon Andler :

Qui a connu l'ascension et la chute de l'IA classique éprouve en lisant certains manifestes des technologies convergentes un fort sentiment de déjà vu et il retrouve la liste sans fin des réalisations tous domaines confondus que l'informatique intelligente, parvenue au stade ultime de l'intelligence ambiante nous promet à moyen terme<sup>540</sup>.

Cette « intelligence ambiante » est l'autre nom donné au réseau d'objets, une intelligence omniprésente, discrète, à laquelle rien idéalement n'échappe grâce à ses millions de capteurs et au cœur d'une articulation harmonieuse des rapports d'humains à humains et humains à machines. Pierre Dupuy avait déjà vu en 2004 cet aspect :

[...] Donc un univers caractérisé par l'ubiquité des techniques de l'information, tous les objets constituant notre environnement, y compris les parties de notre corps, échangeant en permanence des informations les uns avec les autres. Les conséquences sociales seraient « phénoménales », tous les experts en tombent d'accord. Elles poseraient des problèmes non moins phénoménaux, liés en particulier à la protection des libertés et droits fondamentaux<sup>541</sup>.

---

<sup>538</sup> Citons Guido Boella, Leendert van der Torre, et Harko Verhagen, « Introduction to Normative Multiagent Systems », *Computational & Mathematical Organization Theory* 12, n° 2-3 (octobre 2006): 71-79; Voir plus loin d'autres auteurs.

<sup>539</sup> Voir à ce propos mon mémoire de maîtrise sous la direction de la sociologue Céline Lafontaine. Cette convergence des technologies dont le réseau connecté est l'une de ses réalisations ne se réduit pas un simple rêve de cybernéticiens. Pris au sérieux pas des organismes réputés au milieu des années 2000, elle est présentée par le rapport de la National Science Foundation de 2003 « Converging Technologies for improving Human Performance », le rapport de la commission européenne de 2005 « Technologies convergentes – Façonner l'avenir des sociétés européennes », le rapport de l'OCDE de 2006 « Perspective des technologies de l'information de l'OCDE ». National Science Foundation et Department of Commerce, « Converging Technologies for Improving Human Performance » (Washington, 2003). Ainsi que L'OCDE, « Perspectives des technologies de l'information de l'OCDE » (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2006).

<sup>540</sup> Andler. *Op. cit.*, p. 655.

<sup>541</sup> Jean-Pierre Dupuy, « Quand les technologies convergeront », *Revue du MAUSS* 23, n° 1 (2004): 408-17, p. 410.

Une fois remis en perspective, le réseau d'objets n'a rien de nouveau sur le plan conceptuel. Toutefois, répétons-le, je m'y intéresse, car il devient une réalité pertinente du point de vue des concepteurs et des entreprises pour la vie quotidienne et par le fait même un nouveau objet empirique de la sociologie, à charge pour les autres disciplines d'en définir les contours historique, politique et économique<sup>542</sup>.

### **Programmation classique et programmation par agents**

L'architecture classique d'un ensemble d'algorithmes articulés les uns aux autres comptent sur des bases de données mise à jour régulièrement. Les liens entre algorithmes se font selon des conditions fixées une bonne fois pour toutes de sorte que les sorties des uns seront toujours les entrées des autres selon une liste de conditions prédéterminées. Dans ses grandes lignes, l'idée consiste alors à introduire une certaine flexibilité dans les rapports entre calculs d'entrées et de sortie en laissant les algorithmes calculer selon les circonstances leurs liens avec les autres. « Selon les circonstances » donne jour à une entité informatique dite d'un point de vue analogique « autonome », « prenant des décisions » et « agissant » à partir notamment de la captation de son environnement en constant changement. De là, une réflexion par différentes spécialisations en génie logiciel débute sur la diversité de ces rapports et les conditions dans lesquelles ils peuvent les utiliser. L'informatique se voit enrichie d'une programmation « orientée agent » centrée sur « l'interaction ».

Cette forme de programmation donne lieu à des ensembles d'agents informatiques (« Computational agents ») qui résolvent en commun une question donnée et que la profession dénomme « Multi-Agent System » ou MAS ou encore « Distributed Artificial Intelligence » « DAI)<sup>543</sup>. Dans les « micromondes » des ingénieurs et informaticiens, des « systèmes multiagents » sont conçus pour aider les infirmières à négocier des échanges d'horaires de

---

<sup>542</sup> L'idéologie du « partage » et liée à la collaboration traitée plus loin repose sur l'agent qui sans donnée à collecter ne peut rendre service. L'économie des plateformes intéresse une sociologie de l'économie dans le cadre de ces nouveaux intermédiaires. J'ai remis en avril 2018, un rapport à l'I-EDDEC de l'Université de Montréal (Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire) et intitulé « Quelques enjeux sur les données massives (Big Data) dans le cadre de l'économie collaborative au Québec » et à utiliser pour un ensemble de recommandations élaborées par le GTEC (Groupe de travail sur l'économie collaborative). À noter que les recherche de I-EDDEC sont maintenant regroupées dans Québec circulaire, « Québec circulaire », 2020, <https://www.quebeccirculaire.org/>.

<sup>543</sup> Droghoul Alexis. *Where are the agents, ...*, *Op. cit.*

travail<sup>544</sup> ou rassemblent les meilleures pratiques de gestion existantes pour les décideurs dans le cadre d'un « Service-Oriented Computing<sup>545</sup> ». Ces derniers s'appuient sur le concept fréquemment retrouvé d'homophilie<sup>546</sup>. La coopération fait l'objet de plusieurs approches techniques. L'une d'entre elles, notamment suivie par l'informaticien espagnol Rubèn Fuentes, revient à bâtir un « sociological framework » à partir de la « activity theory » développée par le psychologue soviétique Lev Vygotsky<sup>547</sup> et pour laquelle le travail est à la fois une pratique individuelle et sociale<sup>548</sup>. La technicisation de la coopération s'appuie sur la réputation assimilée à la confiance (« trust ») pour l'informaticien canadien Jonathan Carter et ses collègues de l'Université du Nouveau-Brunswick<sup>549</sup>. L'ingénieur Lucian Busoniu résume la situation: « *The complexity of many tasks arising in these domains makes them difficult to solve with preprogrammed agent behaviors. The agents must, instead, discover a solution on their own,*

---

<sup>544</sup> Klaus Fisher, Michael Florian, et Thomas Malsch, *Socionics: Scalability of Complex Social Systems*, 2005 edition (Berlin ; New York: Springer, 2006), p. 104 et suivantes.

<sup>545</sup> E Del Val, M. Rebollo, et V. Botti, « Enhancing Decentralized Service Discovery in Open Service-Oriented Multi-Agent Systems », *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 28, n° 1 (janvier 2014): 1-30.

<sup>546</sup> Le mot a été introduit par les sociologues Paul Lazarsfeld et Robert K Merton. L'article original a été rédigé en 1954 et publié dans un livre 10 ans plus tard sur le thème de la liberté et du contrôle. Il rejoint ce que je disais au chapitre 6 sur les réflexions de l'époque en matière d'ordre social. Les auteurs s'inspirent des oiseaux. Le terme ne constitue par une explication per se, mais plutôt un constat à partir de l'étude de deux communautés (« housing communities »). Les gens se regroupent par affinité disent-ils: « [...] a tendency for friendships to form between those who are alike in some designated respect ». Son opposé sera l'hétérophilie. Paul F. Lazarsfeld et Robert K Merton, « Friendship as Social Process: A substantive and Methodological Analysis », in *Freedom and Control in Modern society* (New York: Octagon Books, 1964), 326.

<sup>547</sup> James V. Wertsch, *Recent Trends in Soviet Psycho Linguistics* (White Plains, NY: M.E. Sharpe, 1977).

<sup>548</sup> Rubèn Fuentes, Jorge J. Gómez-Sanz, et Juan Pavón, « A Sociological Framework for Multi-agent Systems Validation and Verification », in *Conceptual Modeling for Advanced Application Domains: ER 2004 Workshops CoMoGIS, CoMWIM, ECDM, CoMoA, DGOV, and eCOMO, Shanghai, China, November 8-12, 2004. Proceedings*, éd. par Shan Wang et al. (Berlin, Heidelberg: Springer, 2004), 458-69, [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30466-1\\_42](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30466-1_42). Ces auteurs diront du génie logiciel ceci : « In the first place, the environment of a software system, defined as the real world outside it, is usually a human activity system [15]. Its study must consider then the social features of humans and their societies. Software Engineering research in branches like Requirements Engineering [9], CSCW [10], or HCI [3], already makes an extensive use of sciences like Ethnography, Sociolinguistics, Organization Theory, or Cognitive Psychology, to grasp the relevant information about the human context. Besides the human context, MAS [Multi agent systems] are modelled in a very alike fashion to human organizations, as societies of collaborating intentional entities [18]. It gives a possibility of describing some properties of the system and its context, the social and intentional ones, in a quite uniform way, taking advantage of the knowledge extracted from human sciences. » p. 460.

<sup>549</sup> Jonathan Carter, Elijah Bitting, et Ali A. Ghorbani, « Reputation Formalization for an Information-Sharing Multi-Agent System », *Computational Intelligence* 18, n° 4 (novembre 2002): 515-34,.

using learning<sup>550 551</sup>». Les objets connectés sont des agents au sens de ce type de programmation et forment des systèmes multi agents (SMA).

## L'agent-interface

En 1993, Leonard Newton Foner, un doctorant en sciences du MIT au Media Science and Art laboratory<sup>552</sup> décrivait dans un article l'engouement de la presse spécialisée et grand public (ex. Los Angeles Times, MacWorld) pour les agents, des interfaces humain-machine, ancêtres des softbots<sup>553</sup> actuels et des « assistants personnels ». Aujourd'hui, les plus utilisés, soit Siri (Apple), Alexa (Amazon), Google Assistant et Cortana (MSFT) assurent le pont entre usagers et objets connectés avec la voix sans être encore des agents conversationnels<sup>554</sup>.

Foner critiquait leurs limites techniques de l'époque et un buzz médiatique qui omettaient les enjeux « sociologiques » en ne proposant pas de « social contract<sup>555</sup> ». Dans un propos prémonitoire, Foner concluait ainsi son article :

**Julia [un prototype de l'époque] provokes discussion of sociological and emotional interactions with computational tools. This implies that explicit attention to how users will perceive such systems is warranted, or we may make systems that are not as useful as they could be. [...] As more human interaction moves into essentially cyberspace-like realms, and as the boundaries between human and**

---

<sup>550</sup> L. Busoni, R. Babuska, et B. De Schutter, « A Comprehensive Survey of Multiagent Reinforcement Learning », *IEEE, Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38, n° 2 (2008): 156-72, p. 156.

<sup>551</sup> De manière générale, les raisonnements des auteurs tournent autour de la notion d'ordre (« social order »), de coordination et de coopération souvent confondues ainsi que sur un monde découpé en deux ou trois niveaux, soit l'individu et la « structure » ou « l'organisation » avec un niveau intermédiaire de type « meso » ou « middle level of scale ». Le cadre théorique de cette thèse suppose implicitement que le « désordre » n'existe pas plus que l'ordre. Il permet aussi de distinguer la coordination de la coopération.

<sup>552</sup> Leonard Foner, « What is An Agent, Anyway? A Sociological Case Study » (Cambridge, 1993), <https://bella.media.mit.edu/people/foner/>.

<sup>553</sup> Le terme « softbot » était déjà utilisé durant les années 1990. Voir à titre d'exemple, la publication de l'IEEE : Sara Reese Hedberg, « Intelligent Agents: The First Harvest of Softbots Looks Promising » 10 (1995): 6-9.

<sup>554</sup> Sauf en langue anglaise chez Google. Cette entreprise a déployé le service « Continued conversation » qui va au-delà de la simple commande vocale. On notera au passage le titre donné par Google où l'écran et l'enceinte acoustique deviennent des entités avec lesquelles nous pouvons converser : Google, « Have a conversation with your speaker or display », Google Nest Help, 2020, <https://support.google.com/googlenest/answer/7685981?co=GENIE.Platform%3DAndroid&hl=en>. Par ailleurs MSFT, Google et leurs concurrents développent des agents conversationnels, des softbots. Par exemple, « Meena is an end-to-end, neural conversational model that learns to respond sensibly to a given conversational context. » : Google, « Towards a Conversational Agent that Can Chat About...Anything », Google AI Blog, 2020, <https://ai.googleblog.com/2020/01/towards-conversational-agent-that-can.html>.

<sup>555</sup> Foner, *Op. cit.*



**machine behavior become blurrier**, more and more programs will have to be held up to scrutiny. There may come a time when one's programs may well be subjected to the same sort of behavioral analysis that one might expect applied to a human: **Is this program behaving appropriately in its social context?** [...] But getting there with the fewest number of false steps **will take careful observation and analysis of how people interact with such programs, and with environments such as muds that so closely situate people and programs to the extent that their boundaries are perceptibly blurred.** It will also take due diligence to avoid polluting and diluting the concepts required to talk about such systems, lest we see **the same hype, crash, and burn phenomenon that happened with artificial intelligence happen once again.**

La structuration des programmes à l'aide des agents ainsi que l'agent comme interface et l'agent des simulations interpellent la sociologie de plusieurs façons.

### **La place de la sociologie dans un monde d'agents**

Encore une fois, remémorons-nous la remarque finale de Breiman sur les problèmes pris en charge par d'autres professions que les statisticiens. La professionnalisation des sociologues n'a pas suivi le chemin des psychologues ou même des anthropologues. Les sociologues existent peu en dehors de l'enceinte universitaire. Le versant opérationnel de la sociologie en informatique emprunte actuellement trois directions<sup>556</sup>. La première est une sociologie de l'intervention dont j'ai souligné en renvoi la participation de nombreux chercheurs, notamment des Italiens sociologues (ex. Flaminio Squazzoni<sup>557</sup>) ou philosophes (ex. Rosaria Conte) et porteuse du moins chez certains auteurs, d'un militantisme qui brandit comme solution à tous les problèmes la modélisation et la simulation<sup>558</sup>. Elle relève d'une recherche sur les SMA, une « sociologie

---

<sup>556</sup> J'exclu la modélisation par agent de la sociologie analytique citée antérieurement (Livet, Manzo, etc.). Ces chercheurs demeurent attachés au travail de description et d'explication, une sociologie « fondamentale » si je puis dire et non d'intervention.

<sup>557</sup> Flaminio Squazzoni, *Agent-Based Computational Sociology* (Chichester: John Wiley & Sons, 2012).

<sup>558</sup> On peut catégoriser ce type de recherche dans ce qui s'appelle faussement « sciences des systèmes complexes ». Un exemple est le manifeste de la cognitive Rosaria Conte signé en 2012 par plusieurs chercheurs de laboratoires réputés (ex. CNRS), le « Manifesto of Computational Social Sciences ». On retrouve dans ce manifeste une conception mécaniste des ensembles sociaux que le CASOS résume très bien et qui n'est pas sans rappeler une physique sociale des premiers jours de la sociologie : « *The first [phénomène] is the natural or human group, organizational or society, which is **universally formatted** and continually acquires, manipulates, and produces information. [...] Computational analysis is used to develop a better understanding of **the fundamental principles of organizing, coordinating, and managing multiple information processing agents (whether they are human, WebBot, or robots) and the fundamental dynamic nature of groups, organizations and societies.*** » (surligné par mes soins) : « CASOS: Mission | CASOS », consulté le 9 novembre 2015, <http://www.casos.cs.cmu.edu/mission/>.

Voir également le groupe de recherche berlinois aujourd'hui disparût et dont les travaux ont été financés de 1998 à 2014 et publiés dans le JASSS, « Journal of Artificial Societies and Social Simulation », Journal of

computationnelle<sup>559</sup> » qui ne s'identifie pas à l'IA<sup>560</sup>. Descriptions, explications causales et agir se confondent. La seconde est la participation des sociologues au développement de l'IA tel que le pense la sociologue américaine Kathleen Carley<sup>561</sup> :

Traditional artificial intelligence (AI) focuses on **the agent in isolation** (e.g., logic theorem provers and chess programs). Much of this work led into current **cognitive psychology**. Even these single-agent studies often came up against the bulwark of society. For example, Drescher (1986) in his work on genetic AI found it necessary, even as Piaget did, **to rely on social knowledge to understand individual action**. Researchers in expert systems have found that important gains are possible by **including general social knowledge in expert systems** and when **using findings from the sociology of knowledge** (Collins 1990). R. Collins (1992) has argued that **AI cannot really be achieved without help from sociologists**-a point echoed by Carley and Newell (1994) in their discussion of what it takes to create a model social agent.

Enfin, le déploiement de réseaux d'objets connectés mobilise à la suite des réflexions entamées en génie logiciel une sociologie appliquée à une définition opérationnelle du lien social destinée à structurer les rapports entre personne et entre personnes et objets. Je m'intéresse uniquement à ce dernier usage.

Dans les deux premières « sociologies appliquées » les êtres humains demeurent en dehors du SMA alors que la conception du rapport social du réseau des objets connectés les enrôle dans une forme de système multiagents par une mise en lien généralisée où le discours sur la modélisation et la simulation d'ensembles sociaux qui serait mû par une « mécanique calculatoire<sup>562</sup> » fait place à celui sur la « connexion » et le « partage » d'informations dans la vie de tous les jours.

---

Artificial Society and Social Simulation, 2016, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>. et un exemple sur la « Socionics » : Thomas Malsch et Ingo Chulz-Schaeffer, « Socionics: Sociological Concepts for Social Systems of Artificial (and Human) Agents », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 10, n° 1 (2007): 1-11.

<sup>559</sup> GECS, « Research Group on Experimental and Computational Sociology (GECS) », 2020, <https://gecs.unibs.it/>.

<sup>560</sup> Droghoul propose que la « multiagent based simulation » bénéficie de la recherche en « distributed artificial intelligence » : Droghoul, ... *where are the agents ?*, *Op. cit.*

<sup>561</sup> M. Kathleen Carley, « Artificial Intelligence within Sociology », *Sociological Methods & Research* 25, n° 1 (1996): 3-30.

<sup>562</sup> Cette perspective se résume au postulat suivant : « Groups, organizations, and societies are inherently computational and computational multi-agent systems are inherently organizational ». Casos, *Welcome to*, *Op. cit.*

## Les êtres humains *dans* le SMA : de « Internet of things » (IoT) à « Social Internet of things » (SIoT) en passant par « Internet of Everything ».

Rappelons-nous les propos de Jean G. L'expression « dans le SMA » s'exprimait par la position de « taker » et « maker », un utilisateur « au milieu », « tout est autour de lui », « au centre de tous les algorithmes ». Comment enrôler techniquement cet usager au double statut d'être observé et productif ?

### Définition du SIoT

Une des versions de l'internet des objets de Kevin Ashton<sup>563</sup> est l'Internet social des objets, le « Social Internet of Things (SIoT) qui naquit de la rencontre entre la recherche sur les réseaux sociaux (ex. Instagram) et les objets connectés :

The admiration of **social networks (SNs)** and the advent of the Internet of Things (IoT) direct to a new research paradigm called Social IoT (SIoT), where **real-world physical objects can form their own SN like the human SN**. This effort leads to an immense possibility of unique applications for a smart cognitive society<sup>564</sup>.

Le lecteur étranger à ce domaine se demande dès les premières lignes à quoi ces ingénieurs rattachent la propriété « social » : est-ce au réseau, à l'objet ou bien à l'utilisateur ? Les trois nous expliquent la littérature technique à ce sujet, mais avec des nuances que j'examine plus loin. Pour l'ingénieur grec Panagiotis Kasnesis et ses collègues, les réseaux sociaux mettent en rapport les gens. Étrange formulation, puisque n'est-ce pas plutôt les gens qui établissent des liens via les réseaux sociaux ? Une simple tournure de phrase s'avère au fil des pages de mon échantillon d'articles être un enjeu de la recherche sur une propriété, le « social » qui serait ou non intrinsèque aux réseaux. Substantifiée, il s'agit d'en décliner une version technique adaptée aux objets :

With Internet counting more than 45 years of existence, in which it has changed the way people communicate, get informed and entertain, the next step in its evolution is to expand beyond human-to-human communication. In this course, **machines** which

---

<sup>563</sup> Selon le magazine Smithsonian, Ashton est le père de l'expression « Internet of things » : Arik Gabbai, « Kevin Ashton Describes "the Internet of Things" », *Smithsonian Magazine*, janvier 2015, <https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>.

<sup>564</sup> Zia Ush Shamszaman et Muhammad Intizar Ali, « Toward a Smart Society Through Semantic Virtual-Object Enabled Real-Time Management Framework in the Social Internet of Things », *IEEE Internet of Things Journal* 5, n° 4 (août 2018): 2572-79, p. 2572.

up to recently have been used for enabling communication over the Internet, **are now taking actively part in this communication**, extending the traditional Internet, to the Internet of Things (IoT), **over which humans, machines and even (connected) objects are able to communicate**. If we take into account the proliferation of Online **Social Networks**, and the **power they hold for linking people** based on preferences and personal profiles, it is only natural that **this communication between things over IoT will adopt and benefit from the potential of socialization between Things**<sup>565</sup>.

Ces objets connectés existent déjà et sont nombreux :

We are witnessing a new era characterized by a computing and communication revolution where **millions of objects such as sensors, RFID tags, and smart electronic/electromechanical devices**, surrounding us are becoming connected<sup>566</sup>.

### Quand le « social » augmente l'intelligence

Les chercheurs mettent en œuvre les techniques d'IA aussi bien que les modèles statistiques classiques :

This **data** have huge potential to be transformed into **instant knowledge** and eventually service by **applying AI, machine learning, optimization techniques in real-time** and also applying traditional data processing and data analytics to the historical data<sup>567</sup>.

Cependant, l'ajout d'une « sociabilité » améliore leur intelligence :

In this paper, the authors analyze **some social features of IoT** and propose a **Sociology-based interaction relationship model between IoT objects**. The relationship model, together with the automatic relationship recognition, can enhance the dynamics and the autonomy of communications in IoT. In the latter part of the paper, the authors give an experiment based on real data as a simple example to show how **the paper's idea reduces the dependency of IoT on human intervention and makes IoT objects more 'smart'**<sup>568</sup>.

All the studies described above are trying to build the Internet of Things like people build their social network. It is believed that **the social side of IoT can bring more effective, efficient and smart ways of communication** and networking services<sup>569</sup>.

---

<sup>565</sup> Panagiotis Kasnesis et al., « Cognitive Friendship and Goal Management for the Social IoT », *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 412-28, p. 412.

<sup>566</sup> Dina Hussein et al., « Towards a Dynamic Discovery of Smart Services in the Social Internet of Things », *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 429-43, p. 430.

<sup>567</sup> Shamszaman et Ali, *Op. cit.*, p. 2572.

<sup>568</sup> Huijuan Zhang et Yuji Shen, « A Sociology-Based Interaction Relationship Model in IoT », in *2014 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing* (2014 International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC), Shanghai, China: IEEE, 2014), 514-18, p. 514.

<sup>569</sup> Huijuan Zhang et Yuji Shen, *Op. cit.*, p. 514.

Sans surprise, la promesse d'une vie meilleure passe par un raisonnement d'ordre économique omniprésent dans les articles retenus :

As a **core technology of the fourth Industrial Revolution**, development and spread of IoTs technology have exponentially increased connectivity between **human to human, human to object, object to object**, reinforcing an entry to hyper-connected society [1]. According to [2], a new value of fusion services is expected to appear afterward over the interconnection of **billions of smart devices**. In other words, in the hyper-connected society, **intellectualized objects** will not only apprehend what kind of situation human is in, understand what they want and in need (Context Aware), by itself (autonomous), offer and suggest what's the best information to oneself, but also support to take control measures in the way that human wants (**Enhance quality of life as an individual level, efficiency of organizational value chain**) [3]<sup>570</sup>. (Rho et Chen 2018 : p667)

A wide variety of unique smart services and applications are evolved based on IoT for **resolving numerous issues in daily life**, social community, agriculture, health sector, entertainment sector, city administration, environment, weather, road traffic, and many more. As a result, **sensors, devices, and humans are required to associate with each other** [1], [2] **to form a new service**<sup>571</sup>.

Les objets s'assimilent à des agents sous différentes expressions des auteurs<sup>572</sup> :

« [...] leading to a **co-operative world of entities** that constitute the **cyber-physical ecosystem** populated by multiagent instances. Our Multi-Agent System (MAS) is an environment comprising **multiple interacting cognitive agents, namely the Device Agents, the Human Agents and the Task Agents**. Device Agents represent smart objects, while Human Agents represent humans, and Task Agents represent applications<sup>573</sup>.

Le problème d'ingénierie consiste à connecter des objets diversifiés. Une des solutions et sur laquelle je m'attarde réside dans l'opérationnalisation de la propriété « social » des rapports humains<sup>574</sup>. Des réseaux informatiques connectent alors une entité donnée à n'importe quelle autre entité, idée parfois exprimée par l'expression « Internet of Everything<sup>575</sup> ».

---

<sup>570</sup> Seungmin Rho et Yu Chen, « Social Internet of Things: Applications, Architectures and Protocols », *Future Generation Computer Systems* 82 (mai 2018): 667-68, p. 667.

<sup>571</sup> Shamszaman et Ali, *Op. cit.*, p. 2572.

<sup>572</sup> Dans la base de l'IEEE, que ce soit les articles de revues ou de conférences (Proceedings), nous retrouvons diverses expressions contenant le mot « agents » pour désigner les objets connectés (connected devices) : « mobile agents », « agent based solutions »; « IoT agents; « Multi agent based flexible IoT »; « smart software agents », etc.

<sup>573</sup> Kasnesis et Al., *Op. cit.*, p. 413.

<sup>574</sup> L'être humain est une entité « sociale » selon les ingénieurs: voir plus loin mon analyse sur cette affirmation.

<sup>575</sup> Ahmed et Rehmani 2017, Kasnesis et Al. 2016.

However, one of the biggest challenges in IoT is to manage the number of **heterogeneous objects**, communication protocols, and deployment goals. In fact, there is a huge need to improve the connectivity of various objects with a variety of computational power in order to realize the vision of IoT, i.e. the availability of smart services **anytime/anywhere**<sup>576</sup>.

### **La captation du « réel » : fusion des réseaux sociaux et des réseaux d'objets**

Les revues de littérature effectuées par les ingénieurs lors de la rédaction de leurs articles les ont amenés vers un aspect moins étudié de la recherche actuelle sur les objets. L'analyse continue par les algorithmes du contenu publié sur les réseaux sociaux, les courriels, les SMS et autres échanges ne suffit pas. La vie quotidienne des usagers existe aussi en dehors des réseaux sociaux. Le substantif « objet » renvoie à un monde « physique » qui reste à articuler aux activités menées en ligne :

However, **social computing** emphasis mainly on the analysis of human interaction using Web data, it does not target at **the study of physical communities**<sup>577</sup>.

Aussi, à l'analyse automatisée des publications en circulation sur les réseaux sociaux, s'ajoute ce que nous retrouvons dans tous les articles, cette idée du « human-centric sensing<sup>578</sup> » où la captation du monde est au centre de la notion d'objets connectés :

**Various IoT devices** (equipped **with sensing** and short-range communication capabilities) are **weaved deeply into the fabric of everyday life**. The diverse features of these devices present unprecedented opportunities **to understand the aspects of interaction between humans and real-world entities**<sup>579</sup>.

Le terme « ubiquité » fréquemment employé et jamais défini s'entend au sens d'objets omniprésents. Dans le passage suivant, le réseau d'objet constitue la représentation matérielle et spatiale des réseaux sociaux que nous connaissons :

Recently, the idea that **the IoT and the social networks [Youtube, Instagram, etc.] are two worlds not really that far apart** from each other as one might think, has begun to appear in the literature. It is the case of the papers [33,10], for example. More specifically, in [33] the authors envision the future of the Internet as being

---

<sup>576</sup> Hussein et Al., *Op. Cit.*, p. 430.

<sup>577</sup> Bin Guo et al., « Opportunistic IoT: Exploring the Harmonious Interaction between Human and the Internet of Things », *Journal of Network and Computer Applications* 36, n° 6 (novembre 2013): 1531-39.

<sup>578</sup> Guo et Al., *Op. cit.*, p. 1532.

<sup>579</sup> Guo et Al., *Op. cit.*, p. 1532.

characterized by what they name **Ubiquitous IoT architecture, which resembles the social organization framework (SOF) model**<sup>580</sup>.

Je comprends à ce stade-ci que le défi relevé consiste à lier les aspects individuels, collectifs et spatiaux avec les « advanced machine learning and data mining techniques<sup>581</sup> » :

**User awareness** refers to the ability to understand **personal** contexts and behavioral patterns. Examples include human activity, human popularity, preferences, etc.

**Ambient awareness** concerns status information on a **particular space**. Examples include space status and traffic dynamics (e.g., traffic jams).

**Social awareness** goes beyond personal contexts and extends to group and community levels. The objective is **to reveal the patterns of social interaction** (e.g., group detection, friendship prediction and situation reasoning), human mobility, etc.

Nous retrouvons ce découpage dans tous les textes sous d'autres noms<sup>582</sup>. Il est la règle centrale de la constitution technique de la « sociabilité » de leur objet. Elle vise à saisir la réalité spatiale et sociale des êtres humains dans les rapports avec leurs semblables pour intervenir dans ces rapports et ne former qu'un seul réseau dit « social » et non plus réduit aux activités en ligne. Ce découpage triparti est au fondement des opérations de production d'une « connaissance » calculée à partir de la captation et supposément constitutive de celles des usagers en interaction.

### **Les objets connectés comme médiateurs**

Aujourd'hui, le « state of the art » est la tierce médiation des objets. Atzori et son équipe distinguent plusieurs étapes du développement des objets connectés depuis le début des années 2000. La phase actuelle se caractérise par la pleine participation des objets aux échanges entre personne :

[...] the “things” connected to the Internet are clearly distinguished from the “things” **participating within the Internet** of social networks, which are named with the neologism Blogject, that is, “**objects that blog**”<sup>583</sup>.

---

<sup>580</sup> Atzori, *Op. cit.*, p. 3595.

<sup>581</sup> Ibid. p. 1533.

<sup>582</sup> Par exemple, « situation aware » ou « contextual data » chez Hussein et Al., *Op. cit.* qui distingue deux des trois moments par le type de données ou de situation en parlant de « subjective context » et de « objective context ».

<sup>583</sup> Luigi Atzori et al., « The Social Internet of Things (SIoT) – When Social Networks Meet the Internet of Things: Concept, Architecture and Network Characterization », *Computer Networks* 56, n° 16 (novembre 2012): 3594-3608, p. 3595.

Rather than focusing on thing-to-thing or human to-thing interactions, it proposes two novel roles that the augmented everyday objects will play: (i) **mediate the human-to-human communication** and (ii) support additional ways for making noticeable and noticing activities in everyday life. Also the authors of [23] show how **to empower physical objects to share pictures**, comments, and sensor data via social networks. They also discuss about the implications of the so called “**socio-technical networks**” in the context of the IoT<sup>584</sup>.

Last but not least, the work in [30] introduces the idea of **objects able to participate in conversations** that were previously reserved to humans only<sup>585</sup>.

Dans la ligne directrice d’un être humain « producteur », Guo et ses collègues désignent également l’usager comme intermédiaire pour véhiculer de l’information. Cette fois-ci, le tiers médiateur est son téléphone, un objet connecté, mais derrière lequel l’usager se voit attribuer par un réseau d’objets le rôle de courtier (« broker »), terme du monde de la finance, mais qui fait partie de la « théorie sociale » dont je parlerai plus loin. « Opportunistic » prend ici le sens d’occasion à ne pas manquer par « l’exploitation » de la nature sociale des êtres humains :

Data sharing is the major application area of opportunistic IoT, which exploits humans’ mobility and their gregarious nature to transmit information<sup>586</sup>.

### **Le cycle de vie d’un objet connecté**

Terminons ce survol par les étapes d’entrée dans le monde d’un nouvel objet dans ce vaste réseau d’entités humaines et non humaines et assez proches du chemin suivi par un téléphone mobile.

Tout commence à l’usine:

The Life Cycle of a device begins when a manufacturer creates it and assigns to it a **unique number**, called EPC [18]. [...] the manufacturer creates a descriptive file for each device that **contains device specific information** [...] This information will include a list of the devices that share the same production batch from the same manufacturer and, therefore show a **Parental Object Relationship (POR)**, [4] belonging to the same list, called **ParentalFriends**. In addition, a list that describes the needs of the device will be created, called **ListOfNeeds** along with a list that describes the resources/ services that this device can offer, called **ListOfServices**. **The FriendList**, a list that contains the friends of the device will also be created but, at this point, it will contain the same information found on the ParentalFriends list. The descriptive file is immutable and cannot be changed by the agent or the user<sup>587</sup>.

---

<sup>584</sup> Atzori et Al., *Op. cit.*, p. 3595.

<sup>585</sup> Atzori et Al., *Op. cit.*, p. 3595.

<sup>586</sup> Guo et al., *Op. cit.*, p. 1533.

<sup>587</sup> Kasnesis et Al., *Op. cit.*, p. 417.



Ensuite, la machine achetée mémorisera l'information rattachée à son propriétaire :

The device will, at some point in time, be sold to a user who will be **responsible for it**, while it is registered in his/her domain. The first user of the device will be registered as the device's owner. The users will have **personal user IDs for identification purposes**, which will again be unique numbers that will not be shared. In addition, **users will have their own ListOfNeeds, ListOfServices and FriendList that will be filled in with user-related information**. The current user of the device might not be the owner since **the device can be shared with other users as well (i.e. an electronic scale)**<sup>588</sup>.

Enfin, l'objet jusqu'alors physique acquiert sa nature logicielle en se dédoublant en agent qui l'introduit au réseau existant d'objets par la recherche « d'amis » et des « services » afférents qu'ils peuvent lui rendre :

After the registration of the device on a user's (or owner's) domain, the **creation of a Device Agent will take place**. This agent will extract the resources/ services from the smart object's descriptive file, and will publish them afterwards as Topics, to a **special agent (i.e., a broker)** [ici ce n'est pas un être humain] **that will be responsible for updating information regarding the existing services and their availability**. It is, also the work of the Device Agent to discover the device's ListOfNeeds and the ParentalFriends list. [...] Subsequently, the agent will use the **new friendship relationships** (OwnershipFriends) to search whether someone offers in the ListOfServices certain **resources which are needed** by the device. If the search is successful and the device is a "friend" of the service provider, it will subscribe to the topic **to start using the offered resources**. This will be the initial phase of service discovery in the device's Life Cycle<sup>589</sup>.

Ce « cycle de vie », fabrication à l'usine, usage et désuétude<sup>590</sup> contient, ne serait-ce que dans sa formulation une temporalité propre aux objets connectés et inscrits dans divers espaces que nous examinons à présent.

## Le « social » réifié par les objets connectés : une étude de cas

L'analyse critique de ce chapitre ne peut se comprendre sans donner au lecteur un aperçu de ce que « social » veut dire pour les IoT. Par concision, j'énumère d'abord les idées principales illustrées par la suite de quelques citations.

---

<sup>588</sup> Kasnesis et Al., *Op. cit.*, p. 417.

<sup>589</sup> Kasnesis et Al., *Op. cit.*, p. 417.

<sup>590</sup> Aujourd'hui, la fin de la mise à jour de la partie logiciel d'un appareil connecté tel que le système de son Sonos ou Google annonce la fin de sa vie à moins de lui substituer un logiciel Open Source ou une modification matérielle, possible par des usagers avertis. On parle d'obsolescence programmée.

## Les idées principales

Voici les règles qui guident la conception des IoT :

Idée 1. Selon les auteurs il existe des théories du social (« social theories ») sur lesquelles ils reposent leurs raisonnements et de fait, ils mobilisent souvent les mêmes chercheurs en sciences sociales.

Idée 2. Un objet est un agent au sens où son existence physique se double d'une existence logicielle. L'agent est l'alter ego de l'objet, il ne se confond pas techniquement avec lui, mais se confond dans le rapport à l'humain. De son côté, l'humain est un agent et les deux termes s'équivalent dans ce cas.

Idée 3. Le caractère social se rattache à l'objet en tant que propriété dérivée ou bien intrinsèque.

Idée 4. Le rapport social entre objets ou entre objets et humain :

- Est de nature diverse : amitié, collaboration, compétition, agression, délégation
- Possède plusieurs propriétés : incertain, signifiant, récursif, égoïste
- Repose sur la confiance à partir d'une évaluation de la réputation

Idée 5. Le rapport entre objets aussi bien qu'entre objets et êtres humains s'inscrit dans un espace conçu à travers la notion de « mobilité ».

Idée 6. Le temps de l'objet et du réseau n'est pas une dimension mise de l'avant par les auteurs. Implicite dans leurs raisonnements, elle se construit dans le mouvement.

Dès lors reprenons ces idées une à une.

### **Idée 1. Les « théories sociales »**

À quels auteurs se réfèrent-ils ? Quels sont les concepts utilisés de la sociologie ou de toute autre science sociale ? Quel est l'objet empirique de ces chercheurs ? Quel est leur objet théorique ? Les réponses à ces questions exigent une étude à part entière sur un échantillon plus vaste de sorte qu'elles se présentent ici comme des hypothèses d'un travail qu'il reste à faire.

Selon l'ingénieur italien en électronique et informatique Luigi Atzori, son collègue l'ingénieur suédois Lars Erik Holmquist et ses cochercheurs ont été les premiers à introduire la relation sociale au sein des objets connectés. Reprenons un extrait du résumé de l'article publié en 2001 et fondateur de leurs réflexions :

Ubiquitous computing is associated with a vision of **everything being connected to everything**. However, for successful applications to emerge, it will not be the quantity but the quality and **usefulness of connections** that will matter. Our concern is how **qualitative relations and more selective connections can be established between smart artefacts**, and how users can retain control over artefact interconnection. We propose **context proximity** for selective artefact communication, using the context of artefacts for matchmaking, [...] <sup>591</sup>.

Le « context proximity » est le « paradigme<sup>592</sup> » qui généralise celui de l'importance de la proximité spatiale en tenant compte du temps pour nouer une relation d'ordre social. La « spontanéité<sup>593</sup> » des relations se définit par le fait que deux objets entrent en contact alors qu'aucun ne possède d'informations sur l'autre. Sont mis de l'avant, l'importance des capteurs et à travers eux « sentir » et « percevoir » l'environnement<sup>594</sup>, plusieurs points que j'aborderai tout au long de cette étude de cas.

D'emblée, les expressions « social theories<sup>595</sup> » et « social theory network<sup>596</sup> » attirent mon attention sur une possible boîte à outils commune de concepts des sciences sociales à l'instar du génie logiciel. Si rien ne nous indique explicitement la croyance en une théorie unifiée dans ce milieu professionnel, il reste que la généralisation s'exprime de plusieurs façons. Guo et ses coauteurs diront : « According to the social theories, socially selfish is a basic attribute of human beings (Jaramillo and Srikant, 2007; Li et al., 2010), which will affect human behaviors<sup>597</sup>. ». Zhang

---

<sup>591</sup> Lars Erik Holmquist et al., « Smart-Its Friends: A Technique for Users to Easily Establish Connections between Smart Artefacts », in *UbiComp 2001: Ubiquitous Computing*, éd. par Gregory D. Abowd, Barry Brumitt, et Steven Shafer, vol. 2201, Lecture Notes in Computer Science (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001), 116-22, p. 116.

<sup>592</sup> Holmquist et al., *Op. cit.*, p. 117, 118.

<sup>593</sup> *Ibid.*, p. 117.

<sup>594</sup> *Ibid.*, p. 117.

<sup>595</sup> Guo et al., *Op. Cit.*, p. 1534.

<sup>596</sup> An et al. 2013 : p799; Atzori et al 2012 : p 3596. Les premiers parlent d'un modèle cognitif et Atzori renvoient à (Jian et al 2011) pour lesquels il s'agit d'un « social relations cognition algorithm » sans autres précisions sur leur source en sciences sociales.

<sup>597</sup> Guo et al., *Op. cit.*, p. 1534.

et Shen parlent d'une théorie sociale dont on remarque l'usage de l'article défini « the » : « But Atzori did not use **the existing sociology theory** to build the relations<sup>598</sup> ».

Des raisonnements à l'aide de catégories économiques font partie de la définition d'une relation sociale comme je le mentionnais plus haut. Y a-t-il un phénomène d'entraînement ? En effet, Luigi Atzori cité dans plusieurs articles de notre échantillon possède à son actif 18 473 citations<sup>599</sup>. Il se repose sur Alan Page Fiske, un anthropologue<sup>600</sup> dont la théorie sociale se résume à quatre modèles dits « psychologiques » et consistant respectivement en un rapport de partage, d'égalité, d'autorité ainsi que d'établissement de prix (« market pricing »)<sup>601</sup>. Pour Atzori, il s'agit d'un « basic relational frames<sup>602</sup> ». Nous retrouvons également le concept d'homophilie chez Atzori<sup>603</sup>.

Avant de passer à leur objet d'étude, soulignons ce qui paraît diviser les ingénieurs. Dans le livre « la mémoire collective<sup>604</sup> », Halbwachs nous dit que « [...], mais si les pierres se laissent transporter, il n'est pas aussi facile de modifier les rapports qui se sont établis entre les pierres et les hommes. ». Le sociologue rappelle à l'aide du concept de morphologie sociale que les objets n'ont aucune dimension sociale intrinsèque, que ce soit une rue, une maison ou une pierre. Le caractère social de l'objet naît de son appropriation par le groupe qui le rend plus ou moins compatible avec sa vie sociale. Certains ingénieurs retiennent cette conception du caractère social d'un objet qui émerge des rapports aux usagers. Par contre, chez plusieurs ingénieurs, le « social » est une propriété à part entière de l'objet, c'est-à-dire indépendante de l'être humain. L'idée 3 détaille ce point.

---

<sup>598</sup> Zhang et Shen, *Op. cit.*, p. 514.

<sup>599</sup> Selon Google Scholar Citation au 16 mars 2020.

<sup>600</sup> Il se définit comme suit : « I am a psychological anthropologist studying how natural selection, neurobiology, ontogeny, psychology, and culture jointly shape human sociality ». Voir sa page : Alan Fiske Page, « Alan Page Fiske, distinguished professor », UCLA Anthropology, 2020, <https://anthro.ucla.edu/faculty/alan-page-fiske>.

<sup>601</sup> Alan Fiske Page, « The Four Elementary Forms of Sociality: Framework for a Unified Theory of Social Relations », *Psychological Review* 99, n° 4 (1992): 689-723., p. 689.

<sup>602</sup> Atzori et al 2012, *Op. cit.*, p. 3597.

<sup>603</sup> Ibid., p. 3595.

<sup>604</sup> Halbwachs, *La mémoire ...*, *Op. cit.*

Finissons à nous demandant s'il est pertinent de s'interroger sur leur objet empirique et leur objet théorique du point de vue de la sociologie ? Après tout il ne s'agit pas de chercheurs en sciences sociales, mais d'ingénieurs en quête de solutions parmi lesquelles figure la technicisation du lien social. D'une part, la connexion sur le plan matériel et la communication sur le plan informationnel pourraient être leur objet empirique et pensé selon leurs spécialités respectives alors que la relation sociale serait le versant théorique qu'ils partageraient en puisant dans un ensemble de concepts étrangers à leurs disciplines. D'autre part, le substantif « pattern<sup>605</sup> » pointe vers une recherche en quête de conduites humaines répétitives. Aussi, la question initiale se reformule comme suit : leur recherche porte-t-elle sur une technicisation de la régularité des conduites ainsi que de leur changement ? Une analyse ultérieure se penchera sur cette question dont la réflexion fût amorcée dans le chapitre 4.

## **Idée 2. L'objet et l'agent**

Les objets interconnectés constituent un système multiagents où l'espace géographique des objets est quelconque et variable alors que l'espace où se calcule leur agentivité respective est celui d'un réseau de serveurs à distance<sup>606</sup> quoique les calculs puissent se dérouler localement en tout ou partie<sup>607</sup>. On retrouvera dans les textes cette double localisation du calcul d'un côté et de l'action posée par les objets de l'autre, celui de l'espace humain. Techniquement, l'agent est le versant calculatoire de l'objet physique<sup>608</sup> qui lui « agit » à travers les capteurs et une connexion permanente filaire ou non avec les autres objets. À l'usage, l'agent fédère la forme et le contenu, soient dans le cas présent l'algorithme, l'objet, les données, le résultat et les actions. Bien entendu, l'agent possède les caractéristiques de base et déjà mentionnées, à savoir la résolution de problèmes dans le cadre d'une autonomie relative à la prise de décision et à l'action<sup>609</sup> (chap. 3).

---

<sup>605</sup> Holmquist, *Op. cit.*; Zhang et Shen, *Op. cit.*; Hussein et al., *Op. cit.*; An et al., *Op. cit.*, etc.

<sup>606</sup> Bogdan Manate, Teodor-Florin Fortis, et Viorel Negru, « Infrastructure Management Support in a Multi-Agent Architecture for Internet of Things », in *2014 European Modelling Symposium* (2014 European Modelling Symposium (EMS), Pisa, Italy: IEEE, 2014), 372-77, p. 374.

<sup>607</sup> Atzori et Al., *Op. cit.*, p. 3599.

<sup>608</sup> On retrouve cette idée clairement exprimée dans : “**Every physical entity has its corresponding twin cyber (i.e. virtual) entity** and operations can be directed from cyber-to-physical or vice versa while entities are in physical/cyber peer-to-peer [...]” (Alam et Al 2015 : p345)

<sup>609</sup> Ex. Manate and Al. 2014 : p374

### **Idée 3. L'aspect « social » de la relation : propriété dérivée ou intrinsèque**

Rappelons qu'en sociologie, l'objet est social dans la mesure où il est le produit des rapports de personnes au sein d'un regroupement. Il doit son existence sociale par l'appropriation qu'un groupe quelconque en fait et qui dépend de sa plus ou moins grande compatibilité avec sa vie sociale présente. Aussi, le terme « social » ne pouvait qu'attirer mon attention sur l'importance accordée aux relations sociales par les ingénieurs. Le « social » comme propriété dérivée s'avère le plus proche de sa conception sociologique.

Les relations entre deux agents se créent bien souvent au gré des mouvements des objets correspondant, mais pas toujours<sup>610</sup>. Voici deux objets « qui se rencontrent »:

« Whatever the way the object detects the co-location event, the object agent then requests the friendship, which may be accepted according to the owner [être humain] control rules<sup>611</sup>. »

L'ensemble des relations (« relationships », « social relations ») forment une « topologie ». Si ce mot renvoie communément à l'espace et à ses propriétés, il désigne pour un ingénieur et ses collègues un réseau de relations humaines ou bien d'objets. L'idée de forme spatiale est malgré tout présente quand ils expliquent que la topologie change en fonction du mouvement des objets, ce qui revient à supposer l'inscription dans l'espace « physique » de tout rapport social. Les auteurs présentent les différences entre un « réseau social d'êtres humains » et un « réseau social de véhicules » dont on note au passage la catégorie informatique d'effacement (« delete ») :

« Mostly stable. Slowly changes with addition or deletion of friends<sup>612</sup> [pour les êtres humains]»

« In vehicular social network, topology updates very fast because of the ad hoc wireless technology range and high speed of vehicles<sup>613</sup> ».

À partir de l'hypothèse que nous sommes des êtres sociaux, les auteurs de notre échantillon de lectures élaborent deux définitions de la sociabilité des objets. Elles ne sont pas

---

<sup>610</sup> Ibid.

<sup>611</sup> Atzori et Al., *Op. cit.*, p. 3600.

<sup>612</sup> Alam et al., *Toward social Internet ...*, *Op. cit.*, p. 344.

<sup>613</sup> Ibid.

mutuellement exclusives, mais la dimension sociale comme propriété dérivée du fait humain est critiquée, parce qu'il est possible au nom de « l'autonomie<sup>614</sup> » d'en faire une propriété indépendante :

« By following an approach inspired by **human “social relationships”** and “relational models” **things mimic the human behavior** just to effectively interact with each other. A clear advantage lies in the fact that, in so doing, **models and principles**, which already proved to be effective for the study of the human social networks, can be extended to the object communities. Accordingly, the results shown in the last section of this paper demonstrate that **it is possible to create social networks of objects** that are easily navigable, like the ones created by humans<sup>615</sup> ».

Ces deux définitions du « social » se retrouvent dans la définition suivante :

With the evolution of IoT paradigm, the smart devices or **objects become social**, since **they used to mediate human social relationships**. The vision of Social Internet of Things (SIoT) involves social objects which communicate and establish social relationships with other objects. When these social objects **collaborate to achieve some common goal, they are said to be involved in a social collaborative IoT environment**<sup>616</sup>.

These social objects are **capable of participating in meaningful social conversations** by creating social networks **just like humans**<sup>617</sup>.

J'ai relevé divers cas lors desquels les objets héritent de la propriété « sociale » à défaut de ne pas être sociaux en eux-mêmes. Tout d'abord, ils le deviennent parce qu'ils ont accès aux réseaux sociaux tels que Facebook ou Tweeter. Ensuite, un objet acquiert également cette propriété à partir du moment où il permet une activité quelconque à un ensemble d'êtres humains telles qu'un divertissement (ex. partage de photos) ou une conversation. Plus largement, les objets sont sociaux parce qu'ils participent à la vie quotidienne et professionnelle des gens. Enfin, le méta objectif assigné à tout objet, celui d'agir pour le bien commun des humains les rend sociaux.

---

<sup>614</sup> Ex. Zhang et Shen, *Op. cit.*

<sup>615</sup> Atzori et Al., *Op. cit.*, p. 3597.

<sup>616</sup> Khan et Al., *Op. cit.*, p. 398.

<sup>617</sup> Ibid., p. 399.

Par contre, une programmation qui s'appuie sur les « théories sociales » les rend intrinsèquement sociaux. Ainsi, ils sont capables de nouer des relations d'amitié entre eux par exemple, ce que le point suivant développe.

#### **Idée 4. Nature, propriétés et fondement des rapports sociaux**

Le lien d'amitié revient souvent<sup>618</sup>, car au fondement de celui-ci, réside la confiance (« trust<sup>619</sup> ») entre objets, essentielle pour la sécurité des données<sup>620</sup>. Sa quantification passe par la réputation<sup>621</sup>. Cette relation d'amitié permet de restreindre une recherche d'informations à priori très longue, car effectuée parmi des millions d'objets. De plus, elle accroît la fiabilité de l'information trouvée. Quand les objets sont intrinsèquement sociaux, les « amis » (« friends ») des objets ne se confondent pas avec les amis des êtres humains<sup>622</sup>, ce qui nous renvoie à cette autonomie des objets. Un objet établit aussi une relation d'amitié en reconnaissant le type de rapport entre deux êtres humains :

Many efforts have already been taken in the field of relationship recognition. **Relation detection and recognition** is a part of the Automatic Content Extraction (EAC) program [22] which aims to extract information from natural language. N. Eagle of MIT Media Lab used factor analysis **to research the relations between the friendship and the temporal and spatial patterns in proximity** [11]. The factor score is used to estimate whether two people are friends<sup>623</sup>.

Tout d'abord, cette citation partage avec les autres articles l'hypothèse d'une proximité spatiale entre objets ou entre humains à l'origine de la relation d'amitié. Elle montre également ce travail de captation continue et par la même d'observation des usagers. Enfin, les auteurs

---

<sup>618</sup> Ex. Kasnesis et Al., *Op. cit.*; Ejaz Ahmed et Mubashir Husain Rehmani, « Introduction to the Special Section on Social Collaborative Internet of Things », *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 382-84,.

<sup>619</sup> Kasnesis fait le lien de la façon suivante : « [...] creation of level of trustworthiness among things which are friends ». Kasnesis et al., *Op. cit.*, p.413.

<sup>620</sup> Guo et Al., *Op. cit.*

<sup>621</sup> Ex. « status reputation score ». Alam et Al., *Op. cit.*, p. 344.

<sup>622</sup> Alam et Al., *Op. cit.*

<sup>623</sup> Zhang et shen, *Op. cit.*, p. 516.



mentionnent rapidement la propriété centrale de toute relation sociale entre objets, sa signification<sup>624</sup>.

Une autre propriété du social est sa récursivité, un terme habituellement employé pour parler de certains langages informatiques. Elle revient à cette idée d'un cumul de connaissances réintégré en permanence dans les relations même si de nombreux défis techniques persistent pour y parvenir :

[...] where smart objects work together socially **through recursive interactions of knowledge by establishing social relationships** with their surrounding smart objects aiming to achieve common/shared goals **in order to benefit humans**<sup>625</sup>.

À cette propriété s'ajoute le caractère incertain<sup>626</sup> de toute relation sociale. La perspective cybernétique de Niklas Luhmann sur « la confiance, un mécanisme de réduction de la complexité sociale<sup>627</sup> » n'est jamais bien loin dans les raisonnements des ingénieurs.

L'autre relation prégnante est la collaboration définie en opposition avec l'attaque<sup>628</sup> ou bien en termes de coopération<sup>629</sup> ou de délégation<sup>630</sup> et dont l'objectif ultime est encore une fois le bien commun en passant par la résolution de problèmes<sup>631</sup>.

L'enjeu de la distribution du savoir, le « pouvoir en commun » sous l'égide du « partage » sera examiné plus loin. La citation ci-dessous illustre ceci et constitue une synthèse de ce que j'ai dit jusqu'à présent :

Further, according to the Oxford English Dictionary (Simpson and Weiner, 1989), **collaboration is the act of working with another person or group of people to create or produce something**. In technology, it encompasses a broad range of tools that

---

<sup>624</sup> Ex. Kahn et al., *Op. cit.* Elle s'exprime également par un autre concept utilisé en informatique, celui d'ontologie entendu dans un sens technique et renvoyant à un langage de description. Voir Atzori et Al. *Op. cit.*, p. 3597.

<sup>625</sup> Ahmed et Rehmani, *Op. cit.*, p. 382.

<sup>626</sup> An et Al., *Op. cit.*

<sup>627</sup> Niklas Luhmann, *La confiance. Un mécanisme de réduction de la complexité sociale*, Études sociologiques (Economica (Firme)) (Paris: Economica, 2006).

<sup>628</sup> Ahmed et Rehmani, *Op. cit.*

<sup>629</sup> Ex. Luigi Atzori et Antonio Iera, « Social Internet of Things: Turning Smart Objects into Social Objects to Boost the IoT », *IEEE Internet of Things*, novembre 2014. On trouve aussi l'expression Social Collaborative Internet of Things (SCIoT) chez Khan et al., *Op. cit.*, p. 397.

<sup>630</sup> Zhang et Shen, *Op. cit.*

<sup>631</sup> Ibid.

enable groups of people to work together including social networking, instant messaging, web sharing, and so on. Wikipedia, Blogs, and Twitter are good examples of collaborative tools. **By leveraging the opportunistic connection among people in the proximity, opportunistic IoT facilitates information dissemination and sharing, as well as spontaneous social networking** (when the information exchanged is user profile (Guo et al., 2012a)) among people in opportunistic communities, presenting a **promising way to enhance instant human collaboration and data sharing**<sup>632</sup>

Les bénéfices du « data sharing » que je dénomme plus loin l'idéologie du partage s'expriment de diverses manières. Le bénéfice pour l'être humain, le bénéfice mutuel, l'objectif commun sont autant de façons différentes d'exprimer cette vision classique de la pensée cybernétique des années 1950 à propos de l'harmonie entre humains et machines<sup>633</sup> que les moyens techniques du 21e siècle ambitionnent toujours de concrétiser. Elle est étroitement liée à l'opposition « individu\société » qui persiste dans cette littérature quand la poursuite de l'intérêt commun mène l'objet à perdre son « individualité<sup>634</sup> ». Les ingénieurs ne définissent pas « l'individualité » d'un objet. Atzori et ses collègues l'opposent à l'intelligence et à la robotique « en essaim » (« swarm intelligence » et swarm robotics<sup>635</sup> ») où l'action se rattache au groupe et non à une entité précise de celui-ci. Pour Rho et Chen, l'objet perd son « individualité » à partir du moment où il s'engage dans une relation sociale, et ce, toujours en vue d'un objectif partagé avec le groupe<sup>636</sup>. Les articles écrits par les informaticiens et destinés à leurs pairs utilisent rarement l'expression « intelligence collective ». À l'instar de leurs collègues, Norvig et Russell parlent de « Distributed intelligence » équivalente rajoutent-ils, à « Collective intelligence » pour d'autres informaticiens<sup>637</sup>. Un éditorial sur la « Intelligent distributed computing » résume bien le sens des deux expressions : « Distributed intelligence and exploitation of collective knowledge is the topic of the next research work. Authors use software agents to exploit collective intelligence [...]»<sup>638</sup>. Un appel à propositions de la même conférence expliquait ceci: « The field of Distributed

---

<sup>632</sup> Guo et Al., *Op. cit.*, p. 1532.

<sup>633</sup> « Under the vision of IoT, the next-generation Internet will promote the harmonious interaction between human, societies, and smart things ». Guo et al., *Op. cit.*, p. 1531.

<sup>634</sup> Ex. « Trading off their individuality » : Rho et Chen, *Op. cit.*, p. 667; « [...] whose individually will be sacrificed » : Atzori et al., *Op. cit.*, p. 3596.

<sup>635</sup> Voir renvoi précédent sur les travaux de Giani Caro.

<sup>636</sup> On peut supposer que se rejoue la dichotomie individu\société. Les auteurs n'en disent pas plus.

<sup>637</sup> Norvig et Russell, *Op. cit.*, p. 688.

<sup>638</sup> Intelligent Distributed Computing - IDC, « Call for Papers- 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing - IDC'2014 », 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing - IDC'2014, 2014, <http://aida.ii.uam.es/IDC2014/>.

Computing develops methods and technology to build systems that are composed of interacting and collaborating components ». Un résumé de conférence en 2015 sur le sujet parle de « Computational collective Intelligence<sup>639</sup> ».

De prime abord, les expressions « distributed intelligence », « swarm intelligence » et « collective intelligence » s'équivalent. Nonobstant la préférence des auteurs, elles pointent toutes vers une forme d'intelligence décentralisée. Depuis les années 1950, les romans et les films de science-fiction exposent la vision apocalyptique d'un cerveau central omnipotent dans lequel s'accumulent toutes les connaissances du monde. Bien au contraire, l'intelligence du 21<sup>e</sup> siècle ne réside plus en un seul lieu et artefact, mais devient diffuse, omniprésente, ubiquiste et rattachable à un objet en particulier, mais à travers ses connexions avec les autres.

### **Idée 5. Un espace construit par le mouvement**

L'espace physique se représente chez les ingénieurs Zhang et Shen par un découpage spatio-temporel de « Interaction scene » et proche de l'idée de « situation » :

To solve such issues, the paper introduces the '**Interaction Scene**' factor. Interaction Scene means the context environment of the interaction (e.g., **when and where** the interaction happens). Interactions relationships between things are related to interaction scenes<sup>640</sup>.

Pour le chercheur Guo et ses coauteurs<sup>641</sup>, l'espace se décline sous une forme physique et numérique. Sa double nature de « cyber-physical spaces<sup>642</sup> » pose le problème de recherche suivant : « How does online social network data mirror physical events<sup>643</sup> ? À la captation des traces d'activités par des outils propres à chaque espace, s'en suit un travail de mise en rapport de ces traces, une opération dénommée « orchestration » d'environnements à la fois « virtuel » et « physique ». De fait, le sens commun des usagers distingue deux mondes et il est courant d'entendre dire que ce que l'on voit sur Facebook, Youtube ou Instagram n'est pas toujours la

---

<sup>639</sup> « AMSTA 2015 : Agents and Multi Agent Systems: Technologies and Applications 2015 », consulté le 13 août 2015, <http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=41558&copyownerid=57950..>

<sup>640</sup> Zhang et Shen, *Op. cit.*, p. 516.

<sup>641</sup> Guo et Al., *Op. cit.*. Étant donné que l'idée du SloT est née de la rencontre des réseaux sociaux et des IoT, cette vision de l'espace est présente chez plusieurs auteurs.

<sup>642</sup> On retrouve l'expression « cyber-physical ecosystem chez Kasnesis : Kasnesis et al., *Op. cit.*

<sup>643</sup> Guo et al., *Op. cit.*, p. 1534.

réalité. Aussi, le réseau d'objets connectés devient le moyen d'unifier ces deux types d'espaces par des opérations de calculs portant sur la matérialité de l'existence humaine.

Or, cette existence repose sur le déplacement, une idée centrale contenue dans la notion de « mobilité ». Je comprends qu'elle sert à exprimer les changements qui affectent un espace physique ou un « environnement » et marqués par de nouvelles dimensions (variables) et ce, relativement à un objet donné. Par exemple, l'espace changera (ex. la distance entre deux objets) quand un objet immobile détecte l'arrivée d'un nouvel objet ou d'un être humain dans l'espace capté.

De cette mobilité, la notion de « proximité » ou de « voisinage (rappelons-nous du paradigme de « proximity context ») dessine un espace physique caractérisé par de courtes distances entre objets ou objets et humains et à partir de laquelle se bâtit la relation sociale :

In the new object relationship activity, two objects become aware that they are neighbors for a **period of time** long enough to trigger **friendship**. In this scenario we are referring to the co-location, co-work, and social relationships, which are triggered in case of **geographical proximity** of the objects<sup>644</sup>.

Enfin, le mouvement a un temps et le temps s'élabore dans le mouvement, temps relatif à un espace donné que j'appellerai « temporalité ».

## **Idée 6. Des temporalités construites par le mouvement**

Dans l'exemple ci-dessous, un objet-agent recherche les mouvements passés d'objets semblables :

[...] the smartphone drives a service discovery and composition process to look for smartphones and personal computers that **have already visited** the areas of interest<sup>645</sup> [...].

Le passé du propriétaire du téléphone ou de l'ordinateur se rapporte techniquement à celui de ses objets qui le reconstituent à partir de ses traces d'activités en accord avec le concept d'agent, une entité dotée d'une certaine « historicité » que j'examinerai à la section suivante avec la chercheuse Jessica M. En outre et conformément à l'hypothèse des chercheurs sur une

---

<sup>644</sup> Atzori et al., *Op. cit.*, p. 3600.

<sup>645</sup> Ibid.

sociabilité intrinsèque à l'objet (agent), il existe également un passé propre à celui-ci, indépendant de celui de l'utilisateur et qui émerge d'un cumul de relations « sociales » dans la répétition de connexions aux mêmes objets et reposant sur la « confiance » par exemple.

En quoi consiste ce passé ? Les articles insistent davantage sur la durée, moins sur celle du mouvement que sur l'absence de mouvement, absence qui devient la durée de la connexion sur le plan technique, de la communication en ce qui a trait à la circulation des données et de la relation sociale, résultantes d'un positionnement géolocalisé temporaire. La relation sociale entre objets hérite de la durée de la communication, souvent très brève et exprimée par Alam et ses collègues comme « Highly dynamic and nodes join or leave extremely fast ». Ces auteurs distinguent la sociabilité de leurs objets<sup>646</sup>, des véhicules dans ce cas, de celle des conducteurs, ce qui les autorise à concevoir la relation entre êtres humains à long terme et dans divers espaces, quand bien même serait-elle née de rapports « sociaux » fugaces entre deux véhicules dans un espace précis (ex. une autoroute). On retrouve ces deux types de temporalités, l'une propre aux humains et l'autre aux objets. Dans cet exemple, le caractère social de l'objet est aussi bien une propriété intrinsèque, car programmée qu'une propriété dérivée de la possibilité de socialisation qu'ils offrent entre personnes.

Ces relations « sociales » entre objets et objets et humains inscrites dans divers espaces et temps élaborent une configuration sociotechnique du quotidien où j'abandonne le terme « système » au profit de réseau multiagents (RMA). En informatique, le terme « réseau » appliqué aux IoT repose sur une conception relationnelle de l'acquisition de « connaissances » sur le monde avons-nous vu et permise par le « social » comme qualité dérivée ou substantifiée. Elle ouvre la porte aux réductions opérées où, dans un tel réseau, toute entité est un agent, distinguée par le non vivant et le vivant<sup>647</sup> ramené à un monde d'utilisateurs (« users »).

---

<sup>646</sup> Voir leur tableau. Alam et al., *Op. cit.*, p. 344.

<sup>647</sup> Rappelons que de plus en plus d'animaux aussi bien domestiques que d'élevage tels que les bovins ont des puces GPS, voire sont connectés au réseau de téléphonie mobile. L'animal n'est pas un utilisateur, mais son propriétaire l'est.

## Le réseau des objets connectés : un réseau multi agents

Chaque « situation » élaborée par un groupe d'objets connectés possède son propre espace-temps provenant des espaces-temps des diverses étapes nécessaires à sa définition. Celles-ci sont la construction des données par les capteurs et les calculateurs ainsi que la préparation par les chercheurs ou employés d'une organisation de l'ensemble des données destinées à l'apprentissage des modèles ML. De plus, l'exécution du modèle ML ne se déroule pas toujours dans les mêmes lieux et moments ni l'ajustement du modèle qui peut survenir quelques minutes ou quelques mois plus tard. Guillaume Chicoisne, directeur des programmes scientifiques à l'IVADO à Montréal, disait lors d'une conférence que l'IA était aussi bonne que ses données<sup>648</sup>, faisant écho au « Garbage In Garbage Out » de Silvia G. Autrement dit, il existe autant de modèle ML qu'il existe d'ensemble de données issues d'un même espace à divers moments, dans des espaces différents au même instant et dans des espaces-temps distincts. Ces modèles présentent une mosaïque d'espace-temps détachés les uns des autres qui en l'absence de liens ou du moins de la connaissance de ceux-ci rend incongrue à priori la recherche de la stabilité ou du changement à une autre échelle que celle de la situation. Les algorithmes d'IA engendrent des résultats circonstanciels. Ainsi, la capacité à généraliser, d'aller au-delà des espaces et des temps des différentes étapes d'élaboration et d'ajustement du modèle se trouvent réduits. Ceci étant dit, les chercheurs ont pour ambition d'embrasser sinon la totalité de l'expérience humaine, du moins la plus large part possible. Les significations données par les utilisateurs à leurs actions et non captées demeurent pour l'instant réduites à de simples conjectures sous la forme de buts et de prévisions probabilisés. Des connexions tous azimuts entre objets ordinaires du quotidien ramenés au concept informatique d'agents mus par les modèles ML sont alors la solution proposée.

Les concepteurs des réseaux des objets connectés, en réalité réseaux d'objets et d'êtres humains incluant leurs réseaux sociaux, un méta réseau en somme, rappellent la réflexion suivante de Maurice Halbwachs<sup>649</sup> :

---

<sup>648</sup> Guillaume Chicoisne, « Les données : pierre angulaire de l'intelligence artificielle » (Université populaire, Montréal, 26 mars 2018).

<sup>649</sup> Halbwachs, *La morphologie ...*, *Op. cit.*, p. 39.

Ainsi l'on prend l'habitude de songer à la population de la Terre, et de se la représenter comme un tout, puisque de proche en proche tous les groupes de ses habitants paraissent pouvoir être mis en rapports.

Elle constitue une masse continue étendue sur le sol, animée de mouvements internes, et dans laquelle circule une vie commune.

L'espace est premier. Nous l'avons vu par l'importance accordée à l'idée de distance entre personnes ou objets et à celle de mobilité où les mouvements sont au cœur de l'élaboration des espaces et du temps chez les ingénieurs. L'édification du réseau n'offre pas de frontières précises. Maisons, automobiles, magasins, parcs publics, personnes où qu'ils se trouvent, demeurent en liens techniques les uns avec les autres, au-delà des limites politiques des États. Par ailleurs, les ingénieurs font l'hypothèse implicite d'un certain degré d'agglomération ou de concentration de la population. Halbwachs insiste sur l'importance des villes dans le développement des religions et de l'économie de marché. Le réseau des objets concerne avant tout une population urbaine de sorte que l'essor de cette opération de structuration des rapports, cette industrie de production et de mise en forme des données n'est possible que « dans une civilisation à laquelle les villes ont imposé sans cesse davantage leurs formes matérielles et leur genre de vie<sup>650</sup> ». Ainsi, tout comme au temps de Maurice Halbwachs, la dichotomie ville\campagne demeure dans le développement du réseau<sup>651</sup>.

De fait, le couple Ville\Campagne à l'instar du mot « système » évoque un « extérieur » marqué par une frontière, en dehors de la ville ou bien en dehors de toute connexion. Cet espace existe si aucun téléphone mobile ou capteur connecté n'est présent, la seule situation qui n'est pas envisagée par les concepteurs de IoT<sup>652</sup>. Plus largement, le substantif « système » renvoie à une réflexion sur le rapport au milieu, à une littérature abondante sur le vivant<sup>653</sup>, sur ce qu'est

---

<sup>650</sup> Halbwachs, *La morphologie ...*, *Op. cit.*, p. 100.

<sup>651</sup> Par exemple, les nombreux articles sur le développement de la téléphonie dite « 5G », une technologie adaptée aux IoT, exclue les campagnes, du moins pour l'instant. En voyageant à travers le Québec, il est fréquent de ne disposer d'aucune connexion ou d'avoir du 3G au lieu du 4G.

<sup>652</sup> L'entreprise Starlink de Elon Musk déjà citée ambitionne de desservir la surface complète des terres immergées.

<sup>653</sup> On peut citer l'ouvrage classique de George Canguilhem : Georges Canguilhem, *Normal et le pathologique (Le)* (Paris: Presses universitaires de France, 1966 (2009)).

une machine<sup>654</sup> et un mécanisme<sup>655</sup>. Cette mise en rapport humains et objets, forment-ils une machine ? Peut-on dire de l'objet « algorithmique » ou de l'agent « en relation avec » qu'ils sont des objets « concrétisés<sup>656</sup> » au sens où l'entend le philosophe Georges Simondon ? La réponse à ces questions exigerait une nouvelle recherche. En attendant, le terme « réseau » contrairement au « système » repose sur des regroupements divers d'objets et d'êtres humains qui de loin en loin sont tous reliés les uns aux autres, une morphologie sociale<sup>657</sup> hautement informatisée de la vie courante.

## **Le réseau des objets connectés : une morphologie sociotechnique**

Ma lecture sociologique de la solution présentée par les développeurs consiste à ramener le réseau d'objets ou le réseau multiagents si l'on préfère à une morphologie sociotechnique. Les six idées principales exposées sur les objets connectés auxquelles s'ajoutent celles des chercheurs interrogés sur l'agent, le statut de l'être humain, etc. (chap. 3 et 5) constituent un nombre réduit de règles, des règles médiatrices des rapports en êtres humains en vue de l'action, ainsi que de connaissances spécifiques au fondement de ces règles qui prennent en charge en partie l'action des ensembles sociaux. Cette opération de réunion assure la continuité des espaces-temps par la cumulation de la connaissance (historicité de l'agent), la mise en rapport dynamique des activités humaines et les répétitions décelées par les modèles. Le réseau d'objet connecté est alors un réseau d'activités et un réseau de régularités sur le plan sociologique qui admet le changement

---

<sup>654</sup> Par exemple, la mécanologie de Simondon : Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques* (Paris: Editions Aubier, 1958 (2012)). Les travaux de Laffite, Couffignal, Riguet et Wiener résumé par Le Roux : Ronan Le Roux, « L'impossible constitution d'une théorie générale des machines ? : La cybernétique dans la France des années 1950 », *Revue de Synthèse* 130, n° 1 (mars 2009): 5-36,

<sup>655</sup> Dans les 20 dernières années, la réflexion sur la notion de mécanisme a fait l'objet de plusieurs articles et livres : Phyllis McKay Illari et Jon Williamson, « What Is a Mechanism? Thinking about Mechanisms across the Sciences », *European Journal for Philosophy of Science* 2, n° 1 (janvier 2012): 119-35.; Peter Machamer, Lindley Darden, et Carl F. Craver, « Thinking about Mechanisms », *Philosophy of Science* 67, n° 1 (mars 2000): 1-25. Je remercie Oleg Litvinsky, étudiant au doctorat à l'UQAM d'avoir porté à mon attention cette littérature.

<sup>656</sup> Simondon, *Op. cit.*, p. 58. « L'objet concrétisé est comparable à l'objet spontanément produit; il se libère du laboratoire associé originel, et l'incorpore dynamiquement à lui dans le jeu de ses fonctions; c'est sa relation aux autres objets, techniques ou naturels, qui devient régulatrice et permet l'auto-entretien des conditions du fonctionnement; cet objet n'est plus isolé; il s'associe à d'autres objets, ou se suffit à lui-même, alors qu'au début il était isolé et hétéronome. »

<sup>657</sup> Halbwichs, *La morphologie ...*, *Op. cit.*



(son aspect processuel) tout en présentant un certain niveau de régulation (son aspect procédural).

Ainsi, la morphologie des IoT qui rend compte du RMA, se compose d'ensembles sociaux ou encore d'êtres existants dans un découpage en situation liées les unes aux les autres dans divers espaces. L'unification de ces espaces se réalise par le temps, un temps linéaire de l'historicité de l'agent et le temps cyclique, celui de la régularité.

## **L'historicité de l'agent : quand le « reset » disparaît**

La rencontre avec l'étudiante chercheuse Jessica M. marqua une étape décisive dans ma quête sur le lien entre l'intelligence artificielle et l'agent informatique doté de cette dimension sociale technicisée que je retrouvais dans mes lectures sur les agents en réseau. À partir de celles-ci, j'avais conclu que l'agent se distingue des autres programmes par l'élaboration d'une forme de cumul de la connaissance et de la remise en jeu de celle-ci dans ses « rapports » aux autres. L'historicité évoque bien sûr l'accumulation des traces des activités sur des supports d'enregistrement aux capacités quasi infinies. Ce type de mémoire ne connaît pas l'oubli, un droit revendiqué depuis plusieurs années au Canada<sup>658</sup>. Or ici, je m'intéresse depuis le début à cette mise en liens dynamiques des traces. Techniquement, avant ma rencontre avec Jessica M., j'y voyais une récursivité à l'instar d'un langage comme le Lisp où le programme s'appellerait lui-même afin que la sortie devienne l'entrée de la prochaine itération de calculs, et ce, tant à l'échelle de l'agent que du réseau au complet. Cependant, ceci restait vrai dans le cadre d'un système multiagents qui en fin de compte demeure un programme conventionnel dans la mesure il s'arrête au bout d'un nombre finit d'itérations. Le relancer revient à le réinitialiser tout en tenant compte ou non selon les cas d'un cumul de connaissance opéré par la mise à jour des bases de données utiles pour les prochains calculs. Or, Jessica M. explique que cette idée de « cumul » va beaucoup plus loin. L'agent « en relation avec » ne se réinitialise jamais, le programme ne

---

<sup>658</sup> Au Canada, le commissaire à la vie privée recommande que les Canadiens « devraient avoir le droit de demander à des moteurs de recherche de désindexer ou retirer des informations incorrectes, incomplètes ou désuètes. La presse canadienne, « Le commissaire à la vie privée présente le «droit à l'oubli» canadien », *Le Soleil*, 26 janvier 2018, <https://www.lesoleil.com/actualite/le-commissaire-a-la-vie-privée-presente-le-droit-a-loubli-canadien-f99d71bb66f2b17af4f0d25777690689>.

connait plus de « reset<sup>659</sup> ». Cet aspect oblige l'informaticien à enchâsser cette entité informatique dans les dimensions fondamentales du temps et de l'espace, des « temporalités » et « environnement » comme le dira cette étudiante-chercheuse.

Au départ, je lui lance une question ouverte : « est-ce que la notion d'agent est utilisée dans ton domaine de recherche? » Pour plus de clarté, je découperai et commenterai dans l'ordre la longue réponse de Jessica M. :

« Elle est présente dans mon domaine. Dès que j'entends parler d'agent et c'est un biais, car il doit y avoir plein d'autres façons de le voir, c'est l'idée de « reinforcement learning<sup>660</sup> ». L'agent est quelque chose de très intéressant, car ça change complètement la vision [...] »

Jessica nous précise alors la nature de cette « vision ».

### L'irréversibilité d'un temps linéaire

Jessica M. continue :

« Je reprends toujours mon IA avec les chiffres, ça fait du sens pour moi, c'est l'exemple le plus standard, le plus classique. En termes de données, le sens [d'un nombre] est assez facile à comprendre. Quand je montre un sept et qu'il me montre un cinq [...] l'ensemble des neurones a donné son « output », il n'y a plus aucun signal. J'ai mon information, on s'arrête là. Dans l'agent, il y a quelque chose qui est beaucoup plus profond : **il ne peut pas revenir en arrière sur sa décision**. Il y a une **notion de temps**. [...] Par exemple, au lieu de lire simplement des chiffres, **il va lire des chiffres et en fonction de telle décision, il va ouvrir des portes**. Si jamais il y avait un neuf et que nous disons que derrière le « 9 », il y a un chien méchant qui va le manger, le système va apprendre à reconnaître que le « 9 » est le mal, mais que les autres sont corrects. Je peux éventuellement mettre des bonus sur les autres chiffres ou d'autres dangers

---

<sup>659</sup> La réalité rejoint la fiction dans la série *Altered Carbon* produite par l'entreprise Netflix. Dans la saison 2, le personnage de Poe, un programme d'IA et gérant de l'hôtel qui sert de refuge à son patron Takeshi Kovacs (le héros), devient « boguée ». Tout au long des huit épisodes, celle-ci doit décider avec déchirement de sa remise à zéro, son « reboot » au prix de perdre son identité et de ne plus se souvenir de Kovacs.

<sup>660</sup> Rappelons qu'il s'agit d'une des trois méthodes courantes d'apprentissage actuelles. Un programme reçoit une pénalité en cas de mauvaise réponse et sinon une récompense : « A reinforcement learning (RL) agent learns by trial-and-error interaction with its dynamic environment [6]–[8]. At each time step, the agent perceives the complete state of the environment and takes an action, which causes the environment to transit into a new state. The agent receives a scalar reward signal that evaluates the quality of this transition. This feedback is less informative than in supervised learning, where the agent would be given the correct actions to take [9] (such information is, unfortunately, not always available). The RL feedback is, however, more informative than in unsupervised learning, where the agent would be left to discover the correct actions on its own, without any explicit feedback on its performance [10] ». Busoniu and al., *Op. cit.*, p. 156.

[récompenses de l'apprentissage par renforcement]. [...] Admettons que sur deux portes, il y ait toujours au moins un « 9 ». Il se peut alors qu'une récompense négative survienne plus souvent [l'agent se trompe]. À ce moment-là, il y a une sorte de **persistance** de l'erreur de coup en coup ou bien alors au contraire une **persistance** de la réussite dans l'agent. Ce point est intéressant en IA « adversariale ».

« Adversariale » se réfère à un type d'apprentissage lors duquel un programme tente de « tromper » un autre programme qui « apprend ». Ce dernier doit apprendre de ses erreurs. Cette forme d'apprentissage fait ressortir un gagnant et un perdant de sorte que s'élabore de facto un rapport particulier, celui qui prévaut entre deux joueurs, rapport de compétition ou de force et inspiré de la théorie des jeux.

## **Passé, avenir, présent : mémoire de l'expérience et mémoire dans l'expérience**

Jessica précise :

« Du coup, il ne faut plus se défendre à  $t = 0$  parce qu'il n'y a pas de temps, il faut se défendre  **$t=10$  contre une attaque survenue à  $t=0$** . Ça rend l'environnement extrêmement avantageux pour l'attaquant, car le défenseur devient complètement paranoïaque. Il va regarder à chaque étape sa donnée et **envisager qu'à chaque étape que sa donnée pourrait être empoisonnée**. Il y a des attaques qui ont très bien été réalisées sur ce point. Ceux sont des agents de « reinforcement learning » qui peuvent carrément devenir « rogue », dissidents, qui décident de changer complètement de politique par rapport à ce qu'ils avaient appris **à cause d'une donnée apprise deux coups avant.** »

Premièrement, le programme apprenant doit anticiper les coups de l'autre en envisageant l'échec, ce qui nous rapproche d'une activité sociale telle que définie par Max Weber dans le début de son livre *Économie et société*<sup>661</sup>. Deuxièmement, pour arriver à cela, il doit se construire une mémoire du passé découpée temporellement par le « coup ». Jessica M. laisse entrevoir l'aspect temporel de tout rapport et sous-jacent à l'approche « adversariale », étroitement liée selon elle au concept d'agent. Enfin, troisième élément, cette connaissance acquise dans le passé se rejoue dans la prise de décision présente (ex. « devenir dissident »).

Toutefois, j'insiste : « en programmation, qu'est-ce que cela change d'utiliser ou non le terme d'agent ? » :

---

<sup>661</sup> Max Weber, *Economie et société*, vol. Tome 1, Agora (Paris: Pocket, 1921 (2003)).

En programmation ? Il y a une notion de **mémoire** qui est sous-jacente. En fait c'est de dire que comme tu évolues dans un espace, car quel que soit l'environnement il y a toujours **un espace en deux dimensions**, c'est simple à se représenter.

L'espace des dimensions est l'ensemble des variables qui définissent l'environnement, composé d'entités diverses si l'on en croit Norvig et Russell, la situation selon ce que nous avons vu. Jessica M. continue :

Dans l'apprentissage classique, on est toujours au zéro. Je te montre un cinq et tu me dis « ah c'est un cinq », puis on revient au départ [le « reset »]. Il n'y a pas de mémoire. Tu reviens juste au départ et tu prends ta décision, un coup et tu reviens au départ.

L'étudiante-chercheuse explique à sa façon la réinitialisation du programme classique dont chaque exécution repart du début comme si les précédentes n'avaient jamais existé. Elle précise alors l'idée d'une mémoire qui remet en jeu le passé dans un présent dont les spécificités sont prises en compte :

Avec l'agent, c'est complètement différent. Il y a l'idée qu'« Avant j'avais pris cette décision-là ». [...] Cependant, ma politique peut changer en fonction d'une nouvelle dimension [variable] et cette dimension dépend elle-même des décisions précédentes qu'a faites le système.

Jessica M. ajoutera « Il y a une idée de « passé » qui amène quelque chose de radicalement différent. » Notons que le temps reste une 4<sup>e</sup> dimension comme en physique, un moyen de constituer une collection d'expériences juxtaposées. On ne sait pas s'il existe un temps collectif qui serait le temps du « système », mais cette « temporalité » émerge d'évènements qui construisent des « avant » et des « après » :

**C'est une dimension [le temps] qui permet d'accumuler les expériences.** C'est une **notion de mémoire**, mais aussi une **notion de nouvel environnement**, environnement qui est beaucoup plus large. C'est un environnement dans lequel on peut répéter, non pas en termes de mémoire pour le réseau, mais **en termes de temporalité**, le fait que le temps existe, sur le fait que le système [un ensemble d'agents] puisse être **attaqué « après », « avant ».**

### **Le « nouveau » survient quand la mémoire de l'expérience ne suffit plus**

Les algorithmes dits « évolutionnistes » ne peuvent plus compter sur les solutions antérieures pour résoudre un problème dans le présent :

[...] Si tu fais de la coévolution, c'est-à-dire qu'un agent systématiquement te bat de façon à ce que tu n'aies plus accès à de la ressource, tu fais quelque chose d'assez intéressant avec les algorithmes évolutionnistes, de dire que lui est davantage adapté. [...] je fais une mutation d'environnement. [...] on arrive à des systèmes computationnellement horribles [...] Cependant, ils vont être beaucoup plus puissant, car ils vont explorer un espace [l'ensemble des dimensions et ses changements]. [...] ce n'est plus la même chose qu'avant et à cause de la solution que tu as choisie, maintenant il n'y a plus de « super reward » et tu t'es planté. **Là le système se demande s'il faut revenir en arrière en espérant que la distribution soit toujours là même** [référence à l'approche neuronale]. **Du coup, le système va apprendre à explorer quelque chose qui est beaucoup plus large.** [...] La notion d'agent pourrait être une vraie révolution comme disaient Russel et Norvig dans ce cadre-ci.

Tant l'approche « adversariale » que celle évolutionniste introduisent un rapport de compétition. Jessica M. a une formation en sécurité des réseaux, ce qu'il l'amène à voir d'abord la vulnérabilité des algorithmes expliqua-t-elle au début de l'entretien. Exploitez ces vulnérabilités lors de la phase d'apprentissage oblige les concepteurs à développer des algorithmes qui plutôt que de puiser systématiquement dans une base de solutions passées, tentent de trouver de nouvelles possibilités. D'un point de vue sociologique, la connaissance des algorithmes s'élabore dans les rapports élaborés avec les autres programmes<sup>662</sup>, rapports dont la nature n'est pas toujours techniquement déterminée à l'avance. Jessica M. regrette que « les systèmes soient fragiles et n'évoluent qu'en fonction des capacités de calculs, non pas par des nouvelles approches ». Toutefois, elle reconnaît l'ampleur de la tâche quand je lui ai demandé pourquoi on ne parlait pas davantage des SMA :

Je pense qu'il y a une raison mathématique à ça. Je pense qu'un système avec un agent va amener cette idée de temporalité [...] C'est tellement complexe au niveau computationnel le SMA. Il va y avoir ce côté changement, j'allais dire coévolution qui peut amener quelque chose d'intéressant pour l'agent, mais qui en même temps est computationnellement complexe à prévoir. En effet, qui me dit que celui-là ne convenait pas alors que c'était seulement parce qu'il n'était pas adapté aux deux autres

---

<sup>662</sup> Voir à ce propos le jeu de cache-cache développé par l'organisation OpenAI et reposant sur des récompenses à l'une ou l'autre des équipes. Le programme n'est pas sans rappeler les simulations faites dans les années 1970 et 1980 à l'aide des « cellular automata » qui étudiaient l'émergence de formes inédites : *“We've observed agents **discovering progressively more complex tool use while playing a simple game of hide-and-peek. Through training in our new simulated hide-and-peek environment, agents build a series of six distinct strategies and counterstrategies, some of which we did not know our environment supported. The self-supervised emergent complexity in this simple environment further suggests that multi-agent co-adaptation may one day produce extremely complex and intelligent behavior.**”*. Open AI, « Emergent Tool Use from Multi-Agent Interaction », Open AI, 17 septembre 2019, <https://openai.com/blog/emergent-tool-use/>.

agents ? Qui me dit qu'une civilisation pacifique n'avait pas la meilleure façon de répartir les ressources sur terre, mais à la rencontre de la civilisation européenne belliqueuse, habituée à se battre pour le territoire, à décider d'éliminer cette civilisation parce qu'elle n'était habituée à une notion adversariale ?

Par exemple, ce temps linéaire de la cumulativité se retrouve avons-nous dit dans les assistants personnels (ex. Siri de Apple), point d'union des nombreuses sphères d'occupation de l'utilisateur et s'exerçant en divers lieux et moments. L'opération de réunion nous invite à nous questionner sur les temporalités du réseau de IoT. Nous avons vu que le mouvement construit le temps. Or, le mouvement correspond à des activités (ex. conduire, rencontrer quelqu'un) desquelles découlent des changements et des régularités.

## **Le temps : activités, régularités et changements**

### **Premier niveau : les activités, une dimension processuelle limitée de la vie sociale**

Rappelons que le temps fragmenté des IoT se rapporte à l'instant d'un début ou d'une fin ainsi qu'à la durée et à la cumulation des durées, et ce, en référence au calcul des serveurs, des objets, de la télécommunication, de l'action, de la captation, de l'élaboration du modèle et de son ajustement. Articulé au temps de l'utilisateur, seul porteur de sens, le réseau des modèles ML se concentre sur les activités des êtres humains, soit des processus comme enchaînement d'actions constitutives de la situation et de la représentation qu'en ont les êtres. La dernière action d'un processus est aussi le début d'un nouveau processus de sorte que le monde de l'utilisateur est « continu ». Le réseau met en lien les traces de ces activités techniquement transformées en conjectures. Par exemple, l'opération d'identification et de classification des meubles et autres détails architecturaux effectuée par un aspirateur robot ménager produit un plan<sup>663</sup> pour naviguer, la trace d'une activité d'aménagement, valable tant et aussi longtemps que les habitants du logement ne déplacent ou ne retirent rien. Dans cet exemple précis, la conception de l'aspirateur n'autorise pas la captation de l'activité de réaménagement, il ne rapporte que son

---

<sup>663</sup> La société américaine Ecovacs fournit à l'utilisateur une application disponible sur Android pour visualiser le plan du logement dessiné par la machine. Celle-ci met à jour le plan à l'occasion de chaque nettoyage (ex. meubles déplacés ou enlevés).

résultat. Cependant, objet connecté aux serveurs du fabricant et de la plateforme Google Home<sup>664</sup>, des millions de plans de foyers nord-américains et européens et toutes leurs versions successives transitent par les fabricants des machines. Ils suivent un traitement informatique dont on ignore les destinations, celle d'autres temps, espaces et objets, une mise en lien de résultats (les versions des plans d'habitation), autant de traces cumulées des activités de réaménagement. Par ailleurs, ce traitement promet un retour aux usagers-producteurs sous la forme d'une amélioration du produit et des services. On a là, l'essence même du réseau : « Un réseau est une structure de relations entre des éléments. Ces relations forment des sortes de chemins d'un élément à l'autre, et pour que cette structure mérite le nom de réseau, il faut qu'au moins un de ces chemins permette de revenir à son élément de départ<sup>665</sup>. », l'utilisateur en l'occurrence.

La métaphore de la « chaîne », « chaîne de traitement informatique » que je viens d'illustrer implique toujours l'être humain à l'aide d'une distinction plus ou moins précise entre données, informations et connaissances (chap. 5). Cette chaîne ou cette « architecture cognitive » aboutit à une certaine « connaissance » de processus vivants. Cet aspect dynamique du réseau d'objets est alors processuel à ce niveau : un enchaînement d'actions d'humains et d'objets dont chaque début est la fin de la série précédente à l'origine d'une « connaissance » en train de se faire. Nous rejoignons la vision de l'agent selon Jessica M. Les ingénieurs insistent sur le caractère relationnel de la connaissance humaine transformée en une opération technique de production des résultats de calculs dont ils espèrent une prise en compte dans les actions menées par les sujets.

---

<sup>664</sup> Vrai du moins pour les aspirateurs de l'entreprise américaine Ecovacs.

<sup>665</sup> Livet et Nef 2009, *Op. cit.* p. 153. L'emploi du terme « réseau » renvoie à un nouveau cadre théorique. En effet, pour qui s'agit-il d'un réseau ? Pour les personnes impliquées, il s'agit de groupes d'affinités et il est peu probable que, dans le cas d'un aspirateur robot, se soit développé un quelconque sentiment d'appartenance. Par contre, les entreprises y voient un réseau de machines et ainsi d'algorithmes qui permettent une mise en lien des plans d'habitation dans mon exemple. Le réseau devient une agrégation statistique autour d'une opération de classification qui autorise des recoupements avec d'autres réseaux techniques, puisque bon nombre de ces objets sont aussi connectés sur la plateforme Google IoT. Ainsi, cette remarque reformulée du point de vue de la sociologie par les expressions « réseaux d'activités » et « réseaux de régularités », doit se comprendre à ce stade-ci au sens ordinaire de mise en lien des habitudes par les entreprises. Par contre en conclusion, j'ébaucherai un cadre théorique selon une sociologie des réseaux et compatible avec une sociologie de la mémoire.

Bien entendu, cet aspect processuel a ses limites. D'abord, les ingénieurs envisagent l'existence des êtres humains uniquement par le rôle médiateur des objets, leur conférant ainsi le statut fixe d'usager. Si nous existons à travers des rapports sociaux variés, les ramener systématiquement aux processus relatifs à l'usage d'objets connectés, puisque ceux-ci sont toujours sollicités selon les ingénieurs, ferme la porte à une variété de rapports à modéliser hors du champ des objets<sup>666</sup>.

Ensuite, l'affirmation de l'existence d'un caractère intrinsèquement social des objets indépendamment des sujets n'est pas recevable non plus, même si par ailleurs, on admet que toute convention<sup>667</sup> donnée par les usagers ou par les informaticiens à leurs objets les rend sociaux (le « social » comme propriété dérivée), sur leur fonction, leur lien avec les réseaux sociaux Grindr ou Twitter ou l'emplacement de l'objet par exemple. Les rapports technicisés « d'amitié » ou « d'agression » déjà cités ne sont pas des processus au sens sociologique du terme. S'ils se conçoivent parfois sur la base des échanges passés de données et la validation de critères, ils demeurent souvent rattachés à une essentialisation de la « confiance », une mathématisation à vrai dire dont la valeur numérique détermine la nature du rapport. La confiance, l'amitié, l'agression sont posées, elles ne sont pas « en devenir » : comment en arrive-t-on à se faire confiance, à devenir ami, à s'agresser et à maintenir ces rapports ? Mais voilà, ces chercheurs n'ont pas pour ambition d'expliquer quoi que ce soit. Mon argument peut-on rétorquer s'adresse au sociologue. Il consiste à dire que l'on ne peut pas faire l'économie de l'explication, qu'on ne peut attribuer la propriété « sociale » à un rapport que si et seulement si on met en évidence le processus qui y a mené.

Or, les processus n'adviennent pas, les ingénieurs les construisent, mécanisent les rapports. Les réseaux d'objets sont des machines agencées en groupes (systèmes), des constructions déterministes dont je ne vois pas comment une vie sociale entre objets au sens sociologique du terme émergerait. L'émergence renvoie classiquement à la production d'effets

---

<sup>666</sup> Par exemple, prendre une bière avec un ami n'est pas un usage de quoi que ce soit (il y a consommation de bière, mais la consommation n'est pas nécessairement l'essentiel de ce qui est vécu). Cependant, il est vrai que l'on peut se saisir du téléphone pour rechercher une information dans le feu de la conversation. Sans toucher au téléphone, le signal GPS transmet notre localisation aux entreprises et aux amis avec lesquels on a accepté de la partager.

<sup>667</sup> Une définition de l'objet social : Livet et Nef, *Op. cit.*, p. 99.



nouveaux en connaissant ou non le chemin qui y mène<sup>668</sup>. Nous revenons alors à cette aporie de la boîte noire où construire et expliquer forment une contradiction en apparence insurmontable entre ce qui est mécanisé et en devenir. Par contre, une fois l'être humain enrôlé dans les liens techniques et le « social » comme propriété dérivée des réseaux d'objets (voir plus haut), la question de la flexibilité de la règle à l'usage se pose pour de nouveaux apprentissages. Nous revenons à l'institution et à l'idéologie que je traiterai de nouveau plus loin.

Aussi, la recherche en IA s'en tient pour le moment à l'esquisse d'une « ontologie processuelle<sup>669</sup> » technique de la vie sociale. Ceci nous ramène à la question de l'objet d'étude de ces ingénieurs dont je peux réaffirmer comme je le disais antérieurement à propos de leurs « théories sociales », qu'ils se concentrent sur les régularités (« patterns » ou « patrons »), une façon de dire que les modèles ML se bâtissent à partir de la répétition.

### **Second niveau : les régularités et les changements**

Tout au long de cette thèse, j'ai parlé d'activités. Or, les modèles ML « en relation avec » localisés aussi bien dans des objets que sur des serveurs se ramènent à des mises en rapport de traces des régularités. Ce deuxième niveau interpelle la sociologie, car il est également une opération de réunion d'espaces et temps disparates en zones sociales. Le dépassement des situations particulières était au chapitre 4 une manière de l'aborder : la régularité est une forme de généralisation. Je paraphrase Daniel Frandji<sup>670</sup> qui s'exprime à propos de la sociologie en disant que l'ingénieur ne se « demande pas comment cela peut changer alors que tout est fixe », ce qui l'éloigne de la vision d'un monde humain de substances au profit de la modélisation de ce qui « ne change pas, dans un monde où justement tout est toujours incessamment en mouvement<sup>671</sup> ».

---

<sup>668</sup> Voir le renvoi précédent au chapitre 5 sur la notion d'émergence.

<sup>669</sup> Livet et Nef défendent une « ontologie des faits sociaux comme processus », une « ontologie processuelle ». : Livet et Nef, *Op. cit.*

<sup>670</sup> Frandji Daniel. « Une sociologie dans le temps du devenir » Texte non publié.

<sup>671</sup> Ibid.

L'action est première<sup>672</sup>, tel est le parti pris des chercheurs en IA, tantôt captée, tantôt déduite d'un contenu écrit laissé sur un réseau social et qui, par exemple, laisse entendre que l'utilisateur désire acheter quelque chose. Indissociables de la question de l'action et de ses répétitions, les concepteurs de ces algorithmes « en relation avec » s'appuient sur la prémisse que la vie sociale possède une certaine stabilité au sein de laquelle le changement continu n'empêche pas l'existence d'enchaînements cycliques d'actions. Chauviré et Ogien rappellent le propos de Georges Canguilhem : « Un trait humain ne serait pas normal parce que fréquent, mais fréquent parce que normal<sup>673</sup>. » Le « normal », notre régularité si elle existe, trouverait son fondement dans la connaissance qu'en ont les sujets. Or, cette dernière n'est pas captable de sorte que son existence découle de la fréquence des concomitances d'actions. Même si le modèle ML n'est pas une description pour le sociologue, le résultat prétend rendre compte d'une réalité existant sous la forme d'une « description fonctionnelle de covariations<sup>674</sup> » répétitives.

En somme, je fais des processus réguliers l'unité de base du réseau où les objets ne sont plus que des points de passage utilisés pour la captation et les calculs locaux. Or, il manque à cet ensemble sociotechnique deux traits<sup>675</sup>. Première limite, nous l'avons dit, ces processus se retrouvent dans un modèle informatique qui ne cherche pas à les expliciter : émergence, maintien, disparition et changements. Ensuite, la reconstruction calculée de ces processus et leur mise en rapport technique<sup>676</sup> ne s'effectuent pas par le « couplage » d'un double aspect virtuel et actuel, c'est-à-dire plausible et réalisé (chap. 4). Le plausible existe chez l'utilisateur et pourrait s'actualiser la prochaine fois, mettant alors le modèle ML face à un problème d'arrimage du processus capté précédemment à son aspect virtuel à présent concrétisé, mais pour lequel aucun lien n'avait été établi par la machine antérieurement<sup>677</sup>. En référence au chapitre 4, le réseau

---

<sup>672</sup> Cette section et la suivante « De la régularité à la régulation » repose sur l'entrée en matière du livre de Christiane Chauviré et Albert Ogien : Chauviré et Ogien, *Op. cit.*

<sup>673</sup> Canguilhem *in* Chauviré et Ogien, *Op. cit.*, p. 12.

<sup>674</sup> *Ibid.* p. 10. Précisons que Chauviré et Ogien ne discutent que de sociologie.

<sup>675</sup> Livet et Nef sur les ensembles sociaux. Rappelons que ces auteurs discutent de sociologie et non pas d'agents informatiques.

<sup>676</sup> Point évoqué au chapitre 4 en référence à Sébastien Vayré où les algorithmes sont articulés les uns avec les autres pour former des « architectures cognitives ».

<sup>677</sup> Les mouvements d'une pièce à l'autre dans une maison sont sujet à des conditions de l'ordre du plausible. Les habitudes quotidiennes (ex. prendre le repas du soir dans telle pièce) peuvent à tout moment prendre fin temporairement ou définitivement par des conditions qui s'actualisent et longtemps pensées à l'avance par les habitants.

consiste en une opération de régulation des conduites dont ces deux limites le placent au carrefour de la version idéale et pragmatique des régularités.

## **De la régularité à la régulation : la dimension procédurale**

L'espace se construit par le mouvement et le mouvement se rattache au temps passé et présent ainsi qu'à une durée. Le mouvement trouve son équivalent en informatique dans la notion de « mobilité » et avec elle, celle de « proximité » ou de « voisinage ». Si le changement prend sa source principale dans le mouvement pour les IoT, la coordination des êtres en revanche réunit ces changements d'espaces, de temps et d'activités. Je souligne une autre hypothèse implicite des informaticiens sur le social et présente depuis les débuts de la cybernétique :

La coordination de l'action est consubstantielle à notre manière d'exister (ou à nos « formes de vie »). De ce point de vue, il serait de la nature des relations sociales de se nouer et de se dérouler de façon ordonnée et mutuellement intelligible<sup>678</sup> [...].

L'importance accordée au changement et opérationnalisée par ce souci de captation continue d'un monde en devenir nous invite à parler d'un « empirisme radical », mais pas d'une physique sociale de la coordination malgré une interprétation causale des résultats (chap. 6). Aussi, plutôt que d'un positivisme comtien, j'avancerai que les informaticiens font l'hypothèse de l'existence d'une objectivité collective, de collectifs humains de tailles variables inscrits dans des situations où « tout un chacun saurait [leur] conférer une semblable réalité<sup>679</sup> » et condition de la coordination. Cette objectivité humaine serait « en finalité » ou « instrumentale » pour reprendre les termes de Max Weber, calquée sur celle de l'agent informatique guidé par une perspective téléologique et utilitaire de l'action. Cet « ordre de déterminations pratiques<sup>680</sup> » est l'objet même de l'intervention sous la forme d'une objectivité informaticienne tel que discuté aux chapitres précédents. Autrement dit, l'intervention de régulation revient à insérer un ordre, celui de la coordination technique optimisée des êtres et des choses, dans un ordre humain existant

---

<sup>678</sup> Je reprends une partie de cette hypothèse critiquée par Chauviré et Ogien en sociologie pour amener l'idée de régulation. Chauviré et Ogien, *Op. cit.*, p. 13.

<sup>679</sup> Ibid. p. 13.

<sup>680</sup> Ibid. p. 13.

avec ses lacunes supposées (chap. 5), le tout avec la difficulté inhérente au fait d'avoir le premier constitutif du second tout en étant constitué par lui<sup>681</sup>.

Oserais-je dire que cette circularité nous « sauve » des pires scénarios ? Oui dans un sens, par la réduction opérée qui écarte la diversité des compréhensions que les acteurs déroulent « dans l'économie générale du contrôle de l'action, aux côtés de la computation, du raisonnement et de la délibération publique<sup>682</sup>. » Le « savoir-faire » de l'expert est un exemple d'un « savoir non propositionnel<sup>683</sup> » cité par Jean De Munck.

Dans le chapitre 4, je disais que la constitution du modèle ML personnalisé à un usager passait par divers ensembles sociaux. Pour aller plus loin avec cette idée, je pense, mais cela reste à vérifier avec les chercheurs que la compréhension demeure une opération individuelle pour la coordination alors que l'interprétation est collective, l'équivalente d'un « accord » dont les traces pour le modèle ML se retrouvent dans les forums d'échanges, les messages textes des applications de réseaux sociaux, les publications et les réactions qu'elles suscitent entre autres choses. Dans les deux cas, compréhension individuelle et interprétation collective, seules les actions sont captées. Les entrées et sorties d'une pièce dans une maison ajusteront le thermostat « intelligent » à l'échelle de l'individu sans nous dire ce qu'il y fait<sup>684</sup> alors que ses commentaires sur ce même thermostat et les échanges avec les autres usagers suggéreront pour l'entreprise des significations collectives et des actions possibles.

Sans rapprochements abusifs avec une sociologie de l'accord et l'ethnométhodologie, une étude ultérieure pourrait explorer cette perspective informaticienne procédurale d'une vie sociale à la coordination optimisée aux côtés d'une vision partiellement processuelle au sens

---

<sup>681</sup> De là, l'appel à la notion controversée d'émergence « forte » ou « faible ». « De l'expérience » et « dans l'expérience » ne pose pas ce problème de circularité dans la mesure où les nombreux « micro » -raisonnements du sujet ajustent à mesure le cours de l'action (voir cadre théorique, illustration dans le chapitre sur la méthodologie, chap. 4 et 5). Ces raisonnements sont insaisissables par les dispositifs informatiques actuels. La discussion sur le plan était une autre façon d'exprimer la même idée.

<sup>682</sup> Chauviré et Ogien, *Op. cit.*, p. 13. Qui se rapporte à ces micro-raisonnements dont nous parlons dans le renvoi précédent.

<sup>683</sup> Ibid., p. 13.

<sup>684</sup> Les thermostats Nest sont la propriété de Google. Pour peu que l'utilisateur qui entre dans la pièce utilise un service Google ou un navigateur quelconque, le recoupement avec l'heure permet dans une certaine mesure de savoir ce que l'utilisateur accomplit dans cette pièce (ex. les sites Web visités). La multiplication des services confère à Google un avantage décisif sur ces concurrents pour le recoupement de données. Ce recoupement est essentiel pour l'élaboration d'un réseau de régularités sociales.

sociologique du terme. En effet, tout ceci revient à imputer aux informaticiens l'hypothèse implicite de l'existence préalable d'une organisation des engagements de chacun dans une vie sociale dont il ne resterait plus qu'à découvrir l'ordre et à l'améliorer. Sur la question de l'interprétation en ethnométhodologie, Chauviré et Ogien discutent des deux propriétés des « descriptions ordinaires produites par des individus en situation d'actions<sup>685</sup> » :

« [...] elles expriment le caractère organisé de tout engagement dans une activité collective et manifestent la manière dont les ressources mobilisées pour participer à cette activité assurent « directement » la coordination de l'action dans la temporalité même de son accomplissement<sup>686</sup> »

Ces ressources comprennent entre autres les objets connectés de sorte que cette mise en réseau des régularités reflèterait la stabilité et la permanence d'une vie sociale mieux coordonnée selon le point de vue informatique. Or, quand bien même les chercheurs ne supposeraient pas un ordre préexistant répétitif, le réseau demeurerait le versant technique d'activités. Dans les deux cas, activités ou régularités, le problème du rapport du modèle à la réalité se pose ainsi que son usage. Ces modèles interviennent dans le quotidien des gens de sorte que dans le cas de l'activité, il y a une coordination technicisée d'un moment de la vie qui ne se répétera pas à l'identique alors que pour la régularité, il y a élaboration d'un nouvel ordre, un existant reconduit, mais techniquement amélioré, une régularité optimisée. La question de la régulation reste pertinente, quelle que soit l'option envisagée.

La coordination technique régule, elle prend en charge l'incertitude inhérente à toute situation, chaque fois unique (chap. 4). Le réseau de IoT n'offre aucunement une description du monde où il montrerait l'entière réalité de ce qui est et de ce qui pourrait être. Il produit des propositions évaluatives et prescriptives dont il reste à juger du sens et de la pertinence à l'usage. Le réseau régule au sens où il normalise les rapports à partir d'un savoir d'intervention. La diversité des médiations se réduit à celle des objets, c'est-à-dire des capteurs et du traitement informatique qui en ressort. Le simple fait de savoir que la pelouse d'un jardin et ses murs de clôture captent l'environnement place de facto les personnes présentes dans des raisonnements médiés par la connaissance que des résultats calculés en sortiront sur la teneur de la conversation

---

<sup>685</sup> Ibid. p. 17.

<sup>686</sup> Ibid. p. 17.

et de ce qu'ils font dans l'espace et le moment en question. Leurs actions se coordonnent alors à ces objets (ex. parler à voix basse, choix du sujet de conversation) dont les opérations se rapportent à la captation, au calcul et aux échanges avec les serveurs et autres objets.

Coordination, régulation et normalisation nous conduisent à la question de l'institution et de l'idéologie.

## L'institution des IoT

### Temps cyclique et temps linéaire de l'institution des IoT

Aborder le réseau comme une machine et un mécanisme, un arrangement ou encore comme des agents dotés d'une certaine historicité se ramène à la question posée par le physicien français Étienne Klein « si l'univers, si le monde, doit être vu plutôt comme un système ou comme une histoire<sup>687</sup> ? ». Dans le « monde » social, le temps cyclique du « système » fait du réseau « une forme sans histoire<sup>688</sup> » qui renvoie aux usagers leurs habitudes, l'immuable répété ad nauseam, mais optimisé cette fois-ci d'un monde qui se fige, duquel toute nouveauté disparaît au profit de l'efficacité. L'histoire introduit le temps linéaire de l'irréversibilité d'une succession d'événements uniques saisis par une accumulation sans fin de données et modélisés par un réseau qui prend en charge chaque modification ou altération pour présenter l'altérité, le nouvel état. Le côté procédural du premier et processuel du second, la régularité et le changement dessinent les deux catégories de pensées de ce monde sociotechnique. La fonction médiatrice des objets s'exerce par ce temps cyclique et ce temps linéaire, à la fois « système » et « histoire ». Ces temps sont sociaux au sens où élaborés par les usagers pris dans des rapports médiés par les objets, ils ne représentent pas une quatrième dimension ajoutée à l'espace et qu'il suffirait de mesurer.

Selon cette perspective temporelle, l'institution<sup>689</sup> des IoT émerge comme moyen de « fixer » la place des hommes dans l'espace, elle assure un « concert possible dans l'action des

---

<sup>687</sup> Klein E. *in* Frandji, *Op. cit.* Texte non publié.

<sup>688</sup> Ibid.

<sup>689</sup> Je reprends Maurice Halbwachs qui dans un court paragraphe lie institutions, régularité et espace :  
*La résistance qu'oppose la matière aux arrangements humains va croissant, à mesure que leur pensée s'attache davantage au milieu spatial, pour y fixer sa place, pour s'y organiser suivant des règles uniformes, et surtout pour exercer son emprise sur les choses elles-mêmes. Mais il n'y aurait*

hommes », et pour ce faire, elle établit « certaines manières d'être définies et durables ». L'institution des IoT est celle de la « morphologie au sens large », un arrangement sociotechnique des hommes et des choses qui s'insère dans les arrangements existants. Les IoT seraient une institution de plus.

L'institution fixe ce qui existe déjà :

Est-il donc vrai que ces courants [mouvements de populations] soient des formations sociales éphémères, comme les courants de circulation dans nos grandes villes ? En fait, ils existent avant que n'y entrent les individus qu'ils entraînent, et ils subsistent après qu'ils en sont sortis. Ils prennent même la forme d'institutions régulières et stables : bureaux de départ, bureaux d'arrivée, sociétés de transport, accords internationaux, etc. C'est donc qu'ils répondent à des tendances et besoins collectifs qui dépassent le groupe des migrants<sup>690</sup>.

À l'instar de ces « sociétés de transport » et « bureaux de départ », les IoT sont le résultat des mouvements et des changements tout autant qu'ils les organisent.

Bien entendu, l'institution des IoT n'est pas que cela :

Elles [les formes sociales du temps envisagées comme institutions] sont des ressources d'intelligibilité et fonctionnent comme des instruments de coordination de l'action humaine. À ce titre, elles participent à l'attribution de significations aux phénomènes humains (elles sont partie intégrante de toutes pratiques de description, de compréhension et d'explication), elles fournissent des repères communs, elles permettent de vivre et d'agir ensemble et contribuent à produire un monde habitable, partagé et partageable. Elles nous aident à problématiser le monde, à le débanaliser. Mais elles constituent aussi des opérations de classification et de classement qui sont vecteur de différenciations et de rapports de domination : elles peuvent conférer ou renforcer des privilèges, maintenir et légitimer des inégalités, des phénomènes de disqualification et d'exclusion<sup>691</sup>.

Ce court paragraphe de Daniel Frandji renvoie à une partie de mes propos antérieurs et amène la question du pouvoir au sens politique (« rapports de domination »). Au sens sociologique (« privilèges », « disqualifications ») que je n'aborde pas, un tel environnement

---

*point de concert possible dans les actions des hommes, point de stabilité dans leurs pensées et leurs institutions, si elles n'adoptaient pas certaines manières d'être définies et durables, qui sont, aux activités sociales habituelles, dans le même rapport que l'aspect matériel des organes aux fonctions organiques. Tel est bien l'objet de la morphologie sociale au sens large. Halbwachs, La morphologie ... Op. cit., p. 33.*

<sup>690</sup> Halbwachs, *La morphologie ...*, Op. cit., p. 59.

<sup>691</sup> Frandji, *Op. cit.* Texte non publié.

technologique<sup>692</sup> exige certaines connaissances, une « éducation » et des moyens financiers que n'ont pas tous, parce qu'issus d'un accès et d'un partage déjà institutionnalisé du savoir. L'idée d'« un monde habitable partagé et partageable se rattache à la conception d'un « pouvoir en commun<sup>693</sup> ». Comment passe-t-on de l'institution des IoT à la question du « pouvoir en commun » puis à celle de l'idéologie ?

### **L'institution des IoT : la question du « pouvoir-en-commun<sup>694</sup> »**

Rappelons que les SIoT unifient réseaux sociaux et réseaux d'objets<sup>695</sup> en un outil médiateur des raisonnements et connaissances d'un monde social peuplé d'utilisateurs. La mise en rapport de régularités était précédemment une façon de parler de la reconstruction par le calcul de conduites routinières liées les unes aux autres ou bien d'un pouvoir qui consiste en une distribution de savoirs-comment et savoirs-quoi techniquement coordonnés où chacun se voit renvoyer la modélisation de ses traces d'actions et de celles des Autres (chap. 4). Le réseau met en place des « procédures effectives d'institution rationnelle de l'action » disais-je. La courte histoire des réseaux sociaux technicisés nous montre les possibilités d'une circulation des savoirs et une redistribution de la capacité d'agir<sup>696</sup> qui s'appuient de plus en plus sur des opérations de

---

<sup>692</sup> Je pense à la capacité des usagers à comprendre leurs outils, notamment à sélectionner des applications pertinentes sur leurs téléphones, à les mettre à jour (sécurité), ne pas laisser (trop) filtrer d'informations personnelles et au coût financier de ces objets. À ce sujet, le Canada est le pays occidental où les télécommunications sont les plus chères et se situe en 209<sup>e</sup> position sur 228 au monde, la dernière position désignant le pays le plus cher. Voir Radio-Canada, « Les données mobiles, plus chères au Canada que presque partout ailleurs », 13 août 2020, <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1726369/etude-prix-donnees-data-mobile-cellulaire-telephonie-canada-comparaison-mobile-co-uk-pierre-larouche>; ainsi que Cable.co.uk, « Worldwide mobile data pricing: The cost of 1GB of mobile data in 228 countries », 2020, <https://www.cable.co.uk/mobiles/worldwide-data-pricing/>.

<sup>693</sup> Quelquejeu, *Op. cit.*

<sup>694</sup> Je n'aborde pas la question de la violence alors qu'elle concerne ce pouvoir-en-commun offert par les réseaux sociaux. Elle parcourt l'œuvre de Hannah Arendt que ce soit sur la question de la responsabilité et de la culpabilité aussi bien que sur celle du mensonge des États (ex. Guerre du Vietnam et les « Pentagon papers »). Au moment de déposer cette thèse, les mensonges diffusés par réseaux sociaux entachent les élections de l'Amérique de Donald Trump, compromettent le processus démocratique d'élection et encourage la violence de groupes de citoyens armés.

<sup>695</sup> Pour alléger le texte, le « réseau d'objets » désignera cette unification des activités sur le Web et des gestes du quotidien (ex. aller à l'épicerie).

<sup>696</sup> Pensons au réseau Avaaz, <https://secure.avaaz.org/page/en/>, aux pages Facebook dédiées à des causes, au réseau YouTube dont les vidéos sur le « Do It Yourself » (DIY), à Telegram et Reddit, deux forums où se forment des groupes thématiques.



captation et de calculs étendues aux objets. Monde physique et monde en ligne ne devraient faire plus qu'un selon les concepteurs de IoT.

Dans ce sens, le pouvoir ne s'exerce jamais seul. Le pouvoir<sup>697</sup> est une croyance à l'égard de quelqu'un, en l'occurrence envers les entreprises qui installent et entretiennent le matériel (« hardware ») et les logiciels<sup>698</sup>. Le pouvoir se possède et la majeure partie du contenu redistribué en modèle ML est la propriété d'entreprises privées. Le pouvoir s'exerce de sorte que l'utilisation des données et des modèles ne se limite pas à ces entreprises, puisque les groupes se les réapproprient en vue de fins politiques par exemple en propageant avec plus ou moins d'effets des « fake news » et diverses « théories du complot<sup>699</sup> ». Le pouvoir s'accumule sous la forme des données, d'usages d'applications (« apps ») à succès et établit son caractère hiérarchique quand une entreprise comme Twitter décide de rayer un certain type de messages<sup>700</sup> ou bien quelqu'un de l'accès à son réseau.

Je ne sous-estime pas les processus interprétatifs en jeu dans ces propriétés du pouvoir (chap. 4). Je suppose le vécu comme premier, de sorte que les critères d'efficience, d'efficacité et d'utilité au sens où l'entendent les informaticiens et ingénieurs ne s'appliquent pas forcément sur les mêmes aspects de la vie des usagers. Toutefois, il reste notre incapacité à connaître et à prendre en compte tous les tenants et aboutissants d'une situation : justifie-t-elle cette idée de prise en charge automatisée de l'incertitude ainsi que de la reconduction d'habitudes en vue de leur optimisation? Elle peut être bien acceptée en matière de gestion de l'énergie dans une maison<sup>701</sup> par exemple, mais cela sera à vérifier.

L'acceptabilité concerne des groupes socialisés à une économie de marché et à la consommation de biens technologiques, cet ordre préexistant, ces « faits de population » comme les appelle Halbwachs d'une morphologie au sens strict et dans laquelle s'exercent les

---

<sup>697</sup> Je résume les principaux traits du pouvoir selon De Munck : De Munck, *Op. cit.*, p. 176 et suivantes.

<sup>698</sup> Par exemple, les entreprises américaines Cisco et Google.

<sup>699</sup> L'année 2020, marquée par la propagation du virus Covid19-sars2 est aussi celle de la multiplication des thèses complotistes.

<sup>700</sup> Ex. Lauren Feiner, « Twitter bans political ads after Facebook refused to do so », *CNBC*, 30 octobre 2019, <https://www.cnbc.com/2019/10/30/twitter-bans-political-ads-after-facebook-refused-to-do-so.html>.

<sup>701</sup> Le projet Hilo de l'entreprise d'État Hydro-Québec et déjà mentionné a pour objectif de diminuer la consommation d'énergie dans les foyers.

changements induits par l'introduction d'un nouveau cadre de référence pour penser l'action. Ces conditions initiales et propices aux changements ou bien au contraire sujettes à offrir une résistance, au sens où certains traits perdureront malgré tout, rencontrent un modèle de légitimité dans le discours du partage. Celui-ci se juxtapose à l'asymétrie amplement discutée dans les médias engendrée par un pouvoir juridique et politique<sup>702</sup> concentré (les entreprises sont américaines) et par l'accumulation disproportionnée de connaissances sur les habitudes de vie des populations<sup>703</sup> de la part d'un oligopole. Aussi, demandons-nous en quoi ce « partage » relèverait de l'idéologie au sens sociologique du terme et non politique<sup>704</sup> ? Je reprendrai le concept de « modèle concret de connaissance » afin de distinguer le partage dans la perspective de l'usage de celle de l'échange marchand, ayant jusqu'à présent discuté seulement de la première.

---

<sup>702</sup> Sur l'instrumentalisation du droit américain par l'administration Trump pour promouvoir les intérêts économiques du pays : Pascal Riché, « Enquêtes, sanctions, chantages... Comment les Etats-Unis ciblent les entreprises européennes », *Le nouvel obs*, 5 octobre 2016, <https://www.nouvelobs.com/economie/20161005.OBS9407/enquetes-sanctions-chantages-comment-les-etats-unis-ciblent-les-entreprises-europeennes.html>.

<sup>703</sup> Ex. Recoupement de données: Google, « Découvrez l'impact du COVID-19 sur les déplacements des habitants de votre communauté », Rapport sur la mobilité de la communauté- Covid-19, 2020, <https://www.google.com/covid19/mobility/>.

<sup>704</sup> Il a beaucoup été écrit sur l'idéologie depuis l'œuvre de Karl Marx. À titre d'exemple seulement, citons Jean Baechler pour qui l'idéologie est un discours (« un état de conscience ») lié à l'action politique qui ne peut être critiquée que sur son inefficacité et son incohérence, n'étant ni vraie ni fausse. Baechler, Jean. 1976. *Qu'est-Ce Que l'idéologie ?* Gallimard, p. 21, 61.

## **Chapitre 8. Le modèle ML, un modèle concret de connaissance**

### **Le modèle ML : une certaine intelligence de la vie sociale**

Ce concept résume ce qui a été dit tout au long des chapitres précédents. Le modèle ML procède d'un double mouvement (chap. 3, 4). Les chercheurs autant que l'utilisateur élaborent le modèle ML. En retour, aussi abstrait est-il par le côté idéal de la mathématique, il est l'un des moyens de rendre compte du vécu et d'agir. Aussi, le modèle ML est un modèle concret de connaissance pour les usagers et les chercheurs au sens où il est partie intégrante de leur modèle concret de connaissance du monde. Au regard du développement technologique en cours, ce modèle concret de connaissance s'identifie à une morphologie sociotechnique dont la constituante phare est le modèle ML. En paraphrasant Gilles Houles<sup>705</sup>, le modèle ML est un mode de connaissance ou encore un moyen d'établir un rapport au réel relatif à l'état du développement de la recherche en IA.

Dès lors, j'ai tenté de répondre aux questions suivantes et que nous allons rapidement passer en revue :

1. Quelles sont les diverses catégories et catégories centrales de la pensée informaticienne et d'ingénierie en IA et constitutives de leurs mémoires sociales?
2. En quoi ces catégories sont-elles opératoires ?
3. Quelles sont les relations sociales sous-jacentes à ces catégories ?

### **Les diverses catégories de connaissances**

Selon leurs spécialités, les chercheurs accordent une importance variable à de nombreuses catégories : le problème, l'apprentissage, la prise de décision, l'action, l'optimisation, l'efficacité, l'activité, la créativité, la rigueur, la démonstration, le « vrai », la nouveauté, le progrès, la répétition, le changement, etc. (chap. 3, 6). Elles leur permettent de penser les

---

<sup>705</sup> Houle, *L'idéologie ...*, *Op. cit.*, p. 9.

modèles ML aussi bien que le monde dans lequel ils s'inscrivent. Ces catégories se rattachent à plusieurs formes de connaissance. L'informatique, l'ingénierie, la mathématique, les « sciences de la gestion » et les sciences pures » pour l'essentiel n'excluent pas d'autres formes marginales telles que la littérature ou les sciences sociales. Cependant, deux catégories centrales émergent de cette longue liste : l'action et le partage. Elles sont au fondement d'un modèle de connaissance qui leur doit son côté opératoire ou concret.

Au-delà de la symbolisation pertinente ou non de la notion « d'agent informatique » pour la recherche, plusieurs discussions circonscrivent l'action des chercheurs tout comme des usagers. Nous avons parlé de l'activité, de la situation, du plan, mais également de la procédure renvoyée dos à dos au processus où il s'agit de déterminer ce qui est fixe dans un monde en changement. Le mouvement, rappelons-nous est celui de la « mobilité ». Enfin, agir consiste aussi à résoudre divers problèmes. Leur résolution en appelle à la créativité et vise l'efficacité, faisant de l'optimisation un axe de recherche à part entière aussi bien qu'une propriété de l'action humaine et de la machine.

Le partage n'est pas évoqué par les chercheurs du terrain. Cette catégorie implicite chez eux et clairement mise de l'avant par les ingénieurs sur les objets connectés s'exprime par la collaboration des chercheurs en milieu universitaire ainsi que l'existence et la disponibilité des ensembles de données sur lesquels se bâtit l'apprentissage machine. Le partage se retrouve dans la dimension relationnelle de la connaissance, l'idée d'algorithme continuellement « en relation avec », l'ajustement des modèles ML au regard des dernières données, le statut de « maker » et « taker » de l'utilisateur ou encore la notion de réseau.

### **La dimension opératoire de ces catégories de connaissances**

Ces catégories et catégories centrales opèrent de trois façons. Elles régulent la connaissance de la recherche en IA pour certaines alors que d'autres proposent une perspective sur l'être humain ou encore une régulation des conduites. Cette dernière découle de la réflexivité des chercheurs sur leurs travaux aussi bien que de l'usage du modèle ML, guide pour les conduites humaines pris entre l'abstraction de sa construction et son indexation dans le moment vécu.

La régulation de la connaissance en IA c'est-à-dire sa genèse et son organisation repose sur une certaine façon de travailler. Assister à des conférences stimule la créativité et encourage le partage. Publier sur la plateforme Github est un autre moyen d'échange. L'importance accordée à la « rigueur », à la propriété du « vrai » et du « démontré » provient d'un regard critique sur leurs propres travaux qui s'apparente à la réflexivité inhérente à toute recherche relevant des sciences « dures » même si par ailleurs, il s'agit de développement technologique. L'action encadre le raisonnement par analogie avec l'être humain et la définition de l'agent informatique. Les diverses activités de la vie sociale se segmentent en problèmes et sous problèmes.

Le rapport à une « nature » qui « résout des problèmes » est aussi celui d'une complémentarité de l'homme et de la machine sous la forme d'une coordination face à l'insuffisance relative de certaines des capacités humaines. Tout au contraire, en écartant cette idée de manque ou de faiblesse, le « Representation Learning », cette nouvelle possibilité technique de saisir la connaissance de sens commun à l'instar de l'être humain fait du modèle ML un partenaire des usagers dans leurs rapports sociaux, une coopération pour des relations harmonieuses. Dans les deux cas, le statut des usagers est celui de sujets producteurs et sujets observés.

Ces catégories en tant que régulatrices de la connaissance en IA et d'une place particulière accordée à l'être humain, au fondement desquelles j'avais identifié les « sciences de la gestion », l'ingénierie et la « science » comme savoirs d'une institutionnalisation en cours (chap. 5) concourent à une régulation de la vie ordinaire. Le schéma social d'organisation des rapports entre sujets emprunte deux voies. Je les distingue par la nature des problèmes à résoudre. Une autre façon de le formuler serait de dire que les informaticiens et les ingénieurs possèdent une compréhension implicite de la régulation et de ses limites ou des effets de leur normativité ou encore de l'institutionnalisation en cours des algorithmes. Dans la première, les liens sociaux se structurent autour des catégories en attachant de l'importance à ce que j'appelle communément les « grands problèmes de ce monde ». Un travail salarié ennuyeux doit disparaître au profit de la valorisation de la créativité. La multiplication des modèles ML dans la vie ordinaire offre autant d'occasions pour prendre des décisions éclairées, euphémisme pour parler de l'optimisation et

de l'efficacité d'une action guidée par la modélisation des données (id. « data-driven »). Les questions environnementales en sont une autre. Selon cette perspective le progrès pour une partie des chercheurs est conditionnel à agir maintenant, soit à résoudre les maux d'une vie découpée en problèmes. Ce progrès respecte la vision téléologique classique de l'atteinte du bien commun. Pour d'autres chercheurs et sans présumer de l'importance de la catégorie de progrès, les problèmes à résoudre découlent de l'existence même des modèles ML. Souvenons-nous de l'IA comme moyen de résoudre des problèmes et source de problèmes (chap. 3). À ce propos, nous avons parlé des dangers de la technologie en général, de la sécurité des systèmes informatiques ou de l'immixtion dans la vie privée par exemple. Au chapitre 5, un chercheur témoignait de son initiative de rencontrer une grande organisation collective québécoise<sup>706</sup> afin de lui souligner l'urgence de prévenir les pertes d'emplois potentielles liées à la diffusion massive des modèles ML. Un autre préconise une responsabilisation des informaticiens et au minimum, une sensibilisation des étudiants de baccalauréat à l'importance de la sécurité des systèmes informatiques. La déclaration de Montréal pour le développement responsable de l'intelligence artificielle est un autre exemple d'appel à la régulation.

De là, demandons-nous pourquoi l'accent est mis sur ces catégories et non pas sur d'autres.

### **Les relations sociales à l'origine de ces catégories**

Quel est leur rapport effectif avec le vécu des chercheurs ? La réponse à cette question est partie intégrante de la théorisation du modèle ML comme modèle concret de connaissance intervenant en tant que mémoire sociale technicisée et dessinant une morphologie sociotechnique des régularités sociales (chap. 4, 7). Les catégories émergent de rapports sociaux pouvant être saisis essentiellement selon l'approche par observation participante et qui fait défaut à cette thèse.

Ainsi, ma réponse est partielle, puisque je me borne à mentionner la compatibilité de certaines de ces catégories avec les relations sociales constitutives du vécu universitaire (chap.

---

<sup>706</sup> Je ne peux pas nommer l'organisation et le chercheur au risque d'une identification de ce dernier.

5). Lui-même se trouve sujet à limites en ce qui concerne l'importance du partage. En effet, les clivages (chap. 6) sur les deux emplois de la mathématique ou de la connaissance préalable entre autres choses amènent les spécialisations à travailler en silo (« en communauté »), ne serait-ce que par leurs revues respectives de publications. Par ailleurs, les conférences sont un moyen pour ces mêmes communautés de se retrouver. De même, cette réflexivité pourrait les réunir autour d'une réflexion plus générale sur une épistémologie interne au milieu de l'IA (chap. 6).

À formation similaire en mathématique ou en statistique, le lieu offre parfois un regard différent sur l'apprentissage machine (chap. 2). La conduite d'entretiens par deux ingénieurs au cours de leur expérience professionnelle, la fréquentation de sociologues par deux informaticiens amènent à valoriser les sciences sociales. Les relations sociales déterminantes de certaines catégories apparaissent-elles lors de la formation universitaire ?

La morphologie sociale propre à Montréal (chap. 2) pose la question de son rapport avec les autres lieux de recherche. Pourquoi des chercheurs renommés ne partent-ils pas aux États-Unis ou au contraire viennent-ils à Montréal<sup>707</sup> ? En outre, Montréal et le Québec permettent-ils de privilégier une forme particulière de régulation au regard des autres espaces de recherche situés aux États-Unis, en Asie et en Europe ? En quoi les relations de ces professionnels entre eux, avec les bailleurs de fonds institutionnels, les étudiants et le public orientent leur regard sur la distribution du savoir, l'agir en commun, autrement dit le « partage » ?

En conclusion de cette synthèse, le modèle ML est un moyen cognitif de conférer une certaine intelligibilité à la vie sociale du côté des chercheurs et des usagers. Les formes de connaissances auxquelles le modèle se rattache ainsi que les liens qu'elles entretiennent rendent cohérents un travail de recherche et son exercice dans une vie sociale aménagée par les produits finis qui en résultent. De ces nombreuses catégories, je vais m'attarder sur le partage. En effet, quoi qu'il en soit des deux voies de régulation mentionnées plus haut, elles se rejoignent sur cette catégorie. Quand bien même, est-elle remise en cause (chap. 3), l'instauration de l'autorisation préalable et systématique des usagers accompagnée du refus hypothétique de la majorité

---

<sup>707</sup> Je pense à l'une des dernières recrues du MILA, la chercheuse Irina Rish : <https://mila.quebec/personne/irina-rish/>

annoncerait sa disparition, celle des ensembles de données et par le fait même celle des modèles ML. Aussi, les calculs s'invitent par défaut dans les rapports à autrui<sup>708</sup> avec l'assentiment tacite de la communauté de recherche en IA. Le partage des expériences de l'utilisateur passe par le modèle ML, mais ce dernier partage à son tour, sous certaines limites, le retraitement de ce vécu, un processus que je théorise à l'aide du concept de « mémoire sociale technicisée » (chap. 4).

Le partage vient cerner les caractéristiques communes aux diverses formes de connaissances des chercheurs et ingénieurs. Le partage est trois choses. Il est la propriété d'une donnée quelconque. Elle se mesure par le fait qu'une donnée est non partageable ou bien partageable avec telles personnes ou telles entités selon des conditions sujettes à varier au cours du temps. Ensuite, le partage est une relation sociotechnique (chap. 4). Enfin, le partage est un discours (logo) sur une idée, il épouse le mode de connaissance idéologique entendu au sens sociologique selon Houle :

Suivant la définition de Gilles Granger, nous posons que l'idéologie est un modèle concret de connaissance [...] dans le cas de l'idéologie « les éléments sont de même nature que ce qu'ils représentent: ils appartiennent au vécu ». En ce sens, l'idéologie est au fondement de toute connaissance et le rapport science idéologie non plus relatif au vrai et au faux (ou à l'illusoire, l'imaginaire) mais relatif à des niveaux spécifiques d'abstraction, constitutifs l'un de l'autre. L'idéologie est ainsi au fondement de tout discours dont la spécificité est à définir, mais autre et non réductible dans tous les cas à sa dimension proprement idéologique comme on le fait généralement. Les discours sont idéologiques, mais aussi politiques, économiques, littéraires, scientifiques, etc. ; leur spécificité est à vrai dire relative à l'objet dont ils sont l'expression, aux règles de sa construction définissant dès lors les diverses formes de connaissance<sup>709</sup>.

Ce mode de connaissance<sup>710</sup> est relatif à un objet précis, soit la valeur d'usage des modèles ML dans la recherche en IA alors qu'il est l'expression de la valeur marchande chez les entités commerciales qui exploitent les modèles ML. Le partage légitime l'institutionnalisation du réseau

---

<sup>708</sup> Google et Microsoft présentent leur « privacy statement » dans lequel, ils parlent de la nature des données partagées, la façon dont elles sont utilisées et les raisons pour lesquelles le partage entre eux et les usagers existe. Jusqu'en 2017, les algorithmes de Google lisaient (« scanning » est le terme employé) le contenu des courriels en vue de la personnalisation des services. Toutefois, cette pratique n'a pas disparu chez les entreprises d'applications tierces. Microsoft. "Microsoft Privacy Statement." Microsoft, November 1, 2020. Consulté le 25 novembre 2020 <https://privacy.microsoft.com/en-ca/privacystatement>. Simon Lewis, Alexandra. "Google Will No Longer Read Your Emails to Personalise Adverts." *WIRED*. June 26, 2017. Consulté le 25 novembre 2020. <https://www.wired.co.uk/article/google-reading-personal-emails-privacy>


<sup>709</sup> Houle, *L'idéologie ...*, *Op. cit.* p. 7.

<sup>710</sup> Le mythe est un autre mode de connaissance. *Ibid.*



des objets dans lesquels se déroulent les calculs et résume techniquement la distribution des savoirs et de l'agir en commun.

## **L'idéologie du « partage » comme mode de connaissance**

Le lecteur enthousiaste partagera l'article avec ses amis en cliquant sur le symbole bien connu  . Aux dires des concepteurs<sup>711</sup>, l'échange de données par les objets sur les utilisateurs permet de créer des relations sociales entre ces derniers de la même façon qu'ils entrent en relation par l'échange de données (ex. articles, vidéos). Socialiser c'est partager et partager revient à échanger des données. L'idéologie devient ce schéma organisateur de la connaissance constitutive des rapports sociaux selon le sociologue Gilles Houles. Il s'effectue autour du partage de données aussi bien entre objets qu'entre êtres humains via les objets et les réseaux sociaux. Le partage désigne indifféremment le fait de parler, de sortir ensemble ou de se réunir avec les autres. Il totalise toutes les relations à autrui sous l'angle d'une opération technique.

Qui est le sujet porteur de cette idéologie ? Les chercheurs interrogés et les articles d'ingénieurs ne promeuvent pas le partage per se. Ils supposent implicitement son existence par la conception d'algorithmes toujours « en relation avec ». Leur fonctionnement et la mise à jour des modèles ML en dépendent. Le véhicule de l'idée de partage est l'existence même des modèles ML et leur matérialisation dans les objets connectés. L'usage est dans ce cas le processus d'adoption. La partie visible du partage se manifeste par les symboles et fonctionnalités des applications conçues par les informaticiens et promues par les entreprises qui les financent. Le partage consiste en la distribution de ce que l'utilisateur écrit, dit, fait et « est ». Il est aussi bien la diffusion d'informations personnelles, souvent en l'insu de l'utilisateur que la diffusion volontaire visant la (ré)action des autres. De fait, ce mode de connaissance n'est pas le propre des chercheurs. Il est celui des bailleurs de fonds et actionnaires des entreprises du secteur informatique, les porteurs du discours pour lesquels le nouvel impératif au nom de l'innovation devient l'établissement et le maintien de relations sociales structurées par des règles informatiques. Ces règles émanent de groupes étrangers à ceux sur lesquelles elles s'appliquent,

---

<sup>711</sup> Je pense en particulier à un article de Alam et al., *Op. cit.* Cet article à lui seul réunit ce que nous avons vu sur les rapports du mouvement avec le temps et l'espace ainsi que cette idée de « tout connecté à tout » dans ce qui porte à croire que la conduite automobile en est révolutionnée et, avec elle, le voyage.

ramènent les rapports sociaux aux dimensions d'une action organisée par la sémantique du gestionnaire, de l'ingénieur et du « scientifique » avons-nous vu.

Le partage se présente en tant que condition nécessaire de l'existence des relations sociales. Quelle direction peut prendre alors la critique ? Fernand Dumont disait de l'idéologie :

Elle est une procédure de la convergence qui sourd des autres pratiques sociales. [...]. Elle est ce qu'une société peut dire d'elle-même. Comprendre une idéologie ne consiste pas à se demander si elle se trompe ou non, mais à la replacer dans le contexte dont elle est à la fois le produit et le complément.<sup>712</sup>

Le discours du partage vise à couvrir toutes les « autres pratiques sociales » afin de les remplacer par leurs versions technicisées, traversées par le même médiateur de l'action, l'objet usuel habité par le modèle ML. Le partage est cette « convergence », un « compromis » si nous suivons Dumont<sup>713</sup>, un « arbitrage » face à ce qui est perçu par certains groupes sociaux comme contradictoire ou en tension. Son caractère arbitraire fait dire à Dumont que l'idéologie est plurielle. Elles sont en concurrence les unes avec les autres, puisque les tensions imaginées par les uns ne sont pas celles des autres. Dans le cas de nos professionnels, l'existence d'un être humain aux capacités cognitives limitées pour certaines tâches alors que par ailleurs nous disposons des moyens techniques pour y pallier et d'une quantité de données inédite dans l'histoire justifie à eux seuls une intervention qui, sinon irait contre tout raisonnement en termes d'optimisation des ressources, d'efficacité et au final du bien commun. Aussi, critiquer<sup>714</sup> cette idéologie du partage, ce « connectisme » par l'entremise du réseau d'objets fusionné aux réseaux sociaux ne peut pas se faire par une nouvelle proposition de ma part, sinon au risque de substituer une idéologie par une autre. Une idéologie n'est ni vraie ni fausse, seulement pertinente pour l'action<sup>715</sup>. Ensuite, la raison instrumentale n'a pas attendu le réseau de IoT pour s'exercer d'autant plus que l'ingénierie est la source de produits appréciés et jugés indispensables aujourd'hui. Enfin, les règles émergent des rapports sociaux de sorte qu'un monde sans règles instituées n'existe pas. Ainsi, l'enjeu réside dans la diversité de ces règles.

---

<sup>712</sup> Fernand Dumont, « Idéologies au Canada français, 1900-1929 », *Les classiques des sciences sociales*, 1974, 1-21., p. 10.

<sup>713</sup> Ibid. p. 9.

<sup>714</sup> Nous suivons encore De Munck ici. De Munck, *Op. cit.*, p. 187 et suivantes.

<sup>715</sup> Dumont F, *Op. cit.*, p. 349.

En effet, j'avais déjà évoqué la raréfaction possible des autres cadres cognitifs qui nous mènerait à prendre toute décision, à produire toute affirmation dans une conversation quelconque à partir d'un calcul reposant sur les données (« data-driven »). De fait, le réseau de IoT tente de ne laisser échapper aucune activité, aucun objet du quotidien, même les plus durables et immobiles tels qu'une maison, du moins c'est l'ambition affichée des concepteurs. La grande variété d'expériences issue de personnes, situations et espaces distincts peut se vivre selon ces chercheurs sous l'égide des objets connectés. Point de limite ici. Ensuite, l'asymétrie du pouvoir portant sur la redistribution du savoir et la production d'interprétations dont certaines primeraient sur toutes les autres dérivent aisément aujourd'hui vers le pouvoir au sens classique d'un rapport de coercition. Prenons en exemple le discours qui porte spécifiquement sur l'économie du « partage » et citons le cas désormais connu de l'entreprise américaine Uber<sup>716</sup>. Tout en refusant le statut de salariés à ses conducteurs, elle les enchaîne par une surveillance étroite de leurs déplacements grâce au téléphone mobile. Ce dernier transforme de facto la voiture et le pilote en un seul et même « objet » connecté aux serveurs de l'entreprise. Le réseau de connexion ainsi établi se légitime par le discours sur une soi-disant « sharing economy » et « rideshare » dont le statut de « partner » laisse croire à une redistribution équitable du pouvoir d'interprétation des données de voyages et d'actions de la part des conducteurs. Il y a tentative de blocage des apprentissages collectifs par cette idéologie du partage.

Cependant, les savoirs de groupes étrangers à celle-ci sont aussi engagés dans les débats publics, notamment les interprétations du droit du travail où le chauffeur d'Uber est assimilé à un salarié<sup>717</sup> ainsi que du droit commercial de certains secteurs tel que l'hôtellerie face à AirBnB, cette autre entreprise américaine du « partage ». La question consiste à se demander dans quelle mesure ces savoirs de groupes sociaux et professionnels précis, en gros du secteur des entreprises « HighTech » basé sur de lourdes infrastructures informatiques s'institutionnalisent, c'est-à-dire

---

<sup>716</sup> Alex Rosenblat, « Algorithmic Labor and Information Asymmetries: A Case Study of Uber's Drivers », *International Journal of Communication* 10 (2016): 3758-84. Ces études sur la mise en avant d'un monde « connecté » sont souvent le fait des départements de communication et télécommunication selon mes lectures. Voir déjà citée les travaux d'Andonova.

<sup>717</sup> En France, le statut d'indépendant est « fictif » : Francine Aizicovici, « Uber : pour les chauffeurs, l'arrêt de la Cour de cassation « clôt le débat juridique » sur leur statut », *Le Monde*, 5 mars 2020, [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/05/pour-la-cour-de-cassation-les-chauffeurs-d-uber-sont-bien-des-salaries\\_6031916\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/05/pour-la-cour-de-cassation-les-chauffeurs-d-uber-sont-bien-des-salaries_6031916_3234.html).

deviennent des apprentissages collectifs sans annihiler les capacités d'actions des savoirs existants et déjà institutionnalisés ?

Cette question sur la coexistence et le maintien de la pluralité des connaissances à partir desquelles on pense et agit ne date pas d'hier. L'autorité ecclésiastique du début du 17<sup>e</sup> siècle aurait pu admettre la cosmologie de Nicolas Copernic aussi bien que celle de Ptolémée. Le cœur du problème résidait dans la méthodologie suivie par Galilée selon le philosophe allemand Ernst Cassirer<sup>718</sup>. La connaissance de la nature exposée par le savant italien passait par l'observation, la mesure et la mathématique, l'usage de la lunette astronomique et celui « d'objets mathématiques dans les figures et les nombres<sup>719</sup> ». Cette nouvelle « vérité physique » n'en appelait pas à « la parole de Dieu » et au « témoignage de l'écriture ou de la Tradition<sup>720</sup> ». Connaissances religieuse et scientifique médiatrices de la représentation du monde, des actions à exercer ainsi que des rapports sociaux et politiques entrèrent en conflit durant les prochains siècles. Aussi, suite à une question sur l'optimisation à l'ingénieure Laurence F. et dans la vaine de cette idée de « révolution cognitive » (Jessica M.), peut-on se demander si ce réseau de régularités médiées par les objets ne porte pas sur la production d'un nouveau genre de descriptions et de justifications de la vie sociale ? À l'instar de ce à quoi Galilée s'est heurté, la valeur d'une affirmation quelconque, ne se mesurera-t-elle plus qu'à l'aune d'un savoir traité par le réseau des objets ? C'est du moins une des craintes exprimées :

Ça m'inquiète depuis que j'ai été exposée à **la gestion par indicateur** par exemple. Je ne me souviens plus comment on appelle ça, en tout cas, il y a un terme en anglais plus connu [Key Performance Indicators]. Ça m'inquiète depuis que je vois du monde qui dit « **Il y a une étude qui dit ça, donc on va faire ça** ». Il y a une façon d'abdiquer sa responsabilité complètement derrière les chiffres, derrière le fait qu'« **Il y a un modèle qui m'a dit tel chose, c'était ça qui était optimisé, les trucs que je voulais optimiser donc c'est ça qu'il va falloir faire** ». Et une des questions qui m'embête à l'heure actuelle, c'est « **Est-ce qu'il faut optimiser tout ce qui est optimisable** ». « **Optimiser tout ce qui est optimisable** » veut dire que cela commence à la naissance. Si on veut avoir les meilleurs mathématiciens possibles, les meilleurs chirurgiens possibles, les meilleurs « n'importe quoi possible », il faut commencer à les entraîner à l'âge de deux ans. C'est là que ça amène l'optimisation à tout prix. Et on est sur cette voie-là. **On est sur une voie qui dit que l'on peut abandonner des décisions politiques à la science**

---

<sup>718</sup> Ernst Cassirer, *La philosophie des Lumières* (Fayard, 1990).

<sup>719</sup> Ibid. p. 74.

<sup>720</sup> Ibid. p. 74.

sous prétexte qu'il y a **une étude qui dit que, il y a des prévisions qui disent que**. Ça me déplait profondément **le fait de se baser sur des modèles, on le sait, qui sont déconnectés de la réalité**, qu'ils peuvent l'être beaucoup plus qu'on l'imagine. C'était mon point quand je disais que **l'on ne peut pas tout mesurer. Ce qui est important n'est pas forcément mesurable et ce qui est mesurable n'est pas forcément ce qui est important**. (Laurence F., administratrice).

On remarque au passage que la « science » et le « modèle » s'équivalent comme justifications des décisions prises et des actions. Cette discussion évoque la recherche en science sociale sur le rôle des experts et des scientifiques comme conseillers aux dirigeants pour la prise de décision<sup>721</sup>. La montée du « populisme » au cours des années 2010 redonne toute sa pertinence à ce type d'études devant le succès des théories du complot<sup>722</sup>. L'intervention dans la vie de tous les jours des modèles ML repose la même question, celle de la prise de décision et de l'action non plus du point de vue politique, mais sociologique en s'interrogeant sur la recomposition des rapports sociaux médiés techniquement. Jean G. évoque la possibilité d'une dérive également. L'IA se substituerait peu à peu à l'humain pour la prise de décisions :

« Ceux sont ces montres, chips que l'on va mettre dans un individu, c'est ça qui me préoccupe le plus. **Il n'y aura plus de contrôle**. L'humain ne pourra plus ... en fait ses données ne lui plus appartienne plus, mais pire que ça, il y a une intrusion dans sa vie privée **au point où demain l'informatique va lui dire « Écoutes, ton frigo est plein de sucreries, tu vas avoir un diabète »**. Si elle lui dit **qu'il va avoir du diabète, elle va envoyer l'information à son assurance pour lui dire « écoutes, tu devrais regarder les primes de ce gars-là »**. Elle ne lui demandera même pas son avis quand elle le fera. C'est ça qui me fait peur. Ce n'est pas juste ça. Je veux dire **qu'il va mettre des sensors pour voir quelle est la chaleur, la température dans la pièce**, etc. [...] Je veux dire que l'on ne peut plus dissimuler quoi que ce soit, mais pire que ça, c'est-à-dire, il y a intrusion » (Jean G, ingénieur)

L'adjectif « sociotechnique » fréquemment employé dans cette thèse désigne la propriété des liens de cette nouvelle configuration des rapports entre personne. Pourtant, l'ingénierie

---

<sup>721</sup> Céline Granjou fait un rapide historique de « l'expertise scientifique à destination politique » depuis les années 1960. Céline Granjou, « L'expertise scientifique à destination politique », *Cahiers internationaux de sociologie* 114, n° 1 (2003): 175-183.

<sup>722</sup> Voir la note de bas de page chap. 4.

contemporaine ressemble peu à celle de « l'ingénieur social » du 19<sup>e</sup> siècle<sup>723</sup>, encore appelé ingénieur « économiste social<sup>724</sup> ».

Des rapports de force souvent violents entre ouvriers et propriétaires d'entreprises marquèrent le 19<sup>e</sup> siècle. Ils attirèrent l'attention de l'ingénieur de l'École des Mines de Paris Frédéric Le Play et de ses successeurs sur les conditions de travail de l'époque. Les ingénieurs s'intéressaient à « l'atelier » et à l'unité plus grande que représentait « l'usine » ainsi qu'aux mines et à la vie ouvrière qui gravitaient autour de celles-ci. Ils passaient en revue la vie religieuse des ouvriers<sup>725</sup>, leur alimentation, les divertissements, les conditions de logements, etc. Selon l'ingénieur Émile Cheysson<sup>726</sup>, le monde social est un monde industriel, un monde où le travail rapproche « les ouvriers de l'État-major » en assoyant « la prospérité de l'entreprise sur le bien-être des ouvriers qu'elle emploie » et « en l'intéressant à la prospérité du capital<sup>727</sup> ». Or, si les ingénieurs d'aujourd'hui s'intéressent aux conditions matérielles d'existence, ils ne les saisissent pas à travers des études de terrain à la manière de l'école Leplaysienne. Loin d'une « sociologie de plein champ<sup>728</sup> », l'ingénierie des réseaux d'objets et la conception d'algorithmes d'IA partent bel et bien d'une réalité organisationnelle concrète, mais elle demeure inconnue. Priment les catégories de pensées citées plus haut<sup>729</sup> et les concepts des « théories sociales » réinterprétés à la lumière de leur discipline et de leur modélisation<sup>730</sup>.

---

<sup>723</sup> Frédéric Le Play, Antoine Savoye, et Frédéric Audren, *Naissance de l'ingénieur social: les ingénieurs des mines et la science sociale au XIXe siècle: Frédéric Le Play et ses élèves* (Paris: Presses des MINES, 2008).

<sup>724</sup> Ibid. p. 16.

<sup>725</sup> Ibid. Voir en particulier les copies des budgets des mineurs des corporations de mines d'argent et de plomb du Haut-Hartz (Hanovre) par A. De saint Léger et F. Le Play : Ibid., p. 27 et suivantes.

<sup>726</sup> Ibid. p. 294. Conférence du mois de mai 1897 de l'ingénieur Émile Cheysson à ses pairs de « la Société d'économie sociale » et de « La société des ingénieurs civils ».

<sup>727</sup> Ibid. p. 299.

<sup>728</sup> Ibid. p. 19.

<sup>729</sup> Certaines sont communes à l'ingénieur d'antan telle que l'efficacité et l'harmonie.

<sup>730</sup> Je ne dis pas que les informaticiens et ingénieurs ne se préoccupent pas des problèmes sociaux. Ils le font en tant que citoyens. Le point de vue de Yoshua Bengio sur le travail légitime à posteriori un produit technique : était-ce au début de sa carrière un souci que d'alléger les travailleurs du secteur tertiaire de tâches répétitives et ingrates sur le plan intellectuel ? Le travail d'ingénierie en général (pas nécessairement informatique) part de questions qui touchent à plusieurs dimensions de la vie humaine à côté des questions relatives à la production dans les entreprises. Par exemple, les questions environnementales ont toujours préoccupé l'informaticien Manuel T. dans son travail.

Les aspects techniques de la performance des modèles ML et de leur rentabilité économique partie prenante de l'efficacité s'étendent à la vie quotidienne au sein de laquelle l'impératif de production devient aujourd'hui celui des données selon l'hypothèse qu'il existe ou devrait exister un « ordre » que l'on pourrait capter. Cet « ordre » se caractérise, rappelons-le, par le statut d'êtres humains producteurs et de sujets observés. Les raisonnements des usagers s'appuient sur des algorithmes médiateurs du rapport à l'Autre, une complémentarité humain-machine qui ouvrirait la porte à la créativité entre autres choses. Cette « harmonie des rapports<sup>731 732</sup> » mentionnée par l'ingénieur Cheysson lors de sa conférence en mai 1897 en tant que « levier puissant pour le succès industriel<sup>733</sup> » va désormais bien au-delà des « bons rapports » entre employés et patrons. Assistons-nous aujourd'hui à la naissance d'une vie quotidienne 4.0 ? Dit autrement, à cette représentation en réseau vieille d'une quarantaine d'années de la vie sociale, y-a-t-il ajout d'un modèle organisationnel informatique d'entreprise reposant sur l'apprentissage machine ? L'harmonie cybernéticienne s'opérationnalise aujourd'hui par le réseau des objets connectés, la dimension technicisée de la coordination alors que la coopération compte sur l'adhésion non plus des employés, mais de monsieur et madame tout le monde aux objectifs de groupes sociaux professionnels particuliers promouvant le « partage » à travers une multitude de services enchâssés dans des dispositifs matériels, ne serait-ce que le téléphone. Ce partage est le moyen qui donne un sens à une architecture sociotechnique opaque<sup>734</sup>. Ce sens dérive de la conception de l'usage et de l'échange que se font les concepteurs et les entreprises respectivement, les deux aspects sur lesquels porte cette idéologie.

---

<sup>731</sup> Rappelons-nous le texte de Guo et al., *Op. cit.*, p. 1531. Si Francis Pavé rappelle l'importance de l'harmonie en cybernétique et fondée sur la « transparence des relations sociales » (p. 260), il souligne qu'elle découle d'une longue tradition politique et guidait l'ingénieur en mécanique Frederik Wislow Taylor Pavé, *Op. cit.*, p. 260-263.

<sup>732</sup> Savoye, *Op. cit.*, p. 298. Conférence du mois de mai 1897 de l'ingénieur Émile Cheysson à ses pairs de « la Société d'économie sociale » et de « La société des ingénieurs civils ».

<sup>733</sup> Ibid. p. 298.

<sup>734</sup> Francis Pavé insiste sur la « transparence » au sens « d'organisation sociale transparente et univoque » (p. 241) et en lien avec son concept « d'hyperfonctionnalisme ». Je ne le suis pas sur ce terrain dans la mesure où l'opacité des algorithmes actuels et reconnue par les informaticiens, problématisée par certains comme champs de recherche, n'empêche pas le déploiement des infrastructures en IA. De plus, l'intérêt porté à la connaissance de sens commun (ce qui n'est pas le cas au moment où Pavé écrit son livre en 1985) admet l'équivocité de la vie sociale. Il se peut que Pavé fasse un saut trop rapide entre rapports de production et rapports sociaux de la vie ordinaire. Pavé, *Op. cit.*, p. 241.

## **Le modèle ML : à l'intersection des valeurs d'usage et d'échange**

Au chapitre 4, j'avais que le fonctionnement des algorithmes reposait sur l'hypothèse d'une production de significations variées (la compréhension) à l'échelle individuelle et sur un processus d'interprétation collectif. Le modèle ML se présente comme mémoire sociale technicisée (chap. 4). Il s'élabore dans la multitude des rapports sociaux pour concourir à la production des significations et par le fait même à la diversité des usages et des fins que chacun y associe. L'idée de partage unifie sans les nier, toutes ces significations et les fins afférentes. Plus précisément, le partage se pose comme la fin sur le plan technique qui permet toutes les autres. Il se confond avec la socialisation avais-je dit plus haut. Les ingénieurs et informaticiens vont chercher les fins (ex. réduire le coût de maintenance d'une machine) dans les usages qu'ils envisagent (ex. modéliser les vibrations de la machine) et parfois se dissocient de ceux auxquels ils n'ont pas pensé (chap. 5). Les utilisateurs déterminent les significations (ex. une voiture moderne, rendre un voyage agréable) et les fins (ex. se divertir pendant un trajet, rester en contact avec ses amis) dans les valeurs d'usage proposées par les concepteurs ou bien définissent leurs propres usages (ex. voiture utilisée uniquement pour les longs parcours).

Cependant, l'ouverture de l'idéologie du partage sur la variété des usages laisse entendre l'existence d'une supposée « neutralité » du modèle ML et ce, en accord avec certains informaticiens (chap. 5). Cette neutralité justifierait-elle le partage ? Après tout, l'artefact se distingue par sa capacité à produire un contenu (id. résultat de calculs). Il ouvre la porte à une multitude de significations ainsi que d'opérations entendues comme actions de l'utilisateur, mais également des Autres. En un mot, les chercheurs ne font que produire des ordres de possibilités. En outre, l'information se perçoit comme un objet matériel. L'utilisateur la possède et il en demeure toujours le propriétaire, puisqu'il ne s'en départit jamais. Il ne fait que la dupliquer, laissant libre cours à l'émergence de contenus divers. Pourtant, si l'on pense le partage dès la conception du modèle ML à travers la dimension sociale de la diffusion comprise comme circulation des informations associées à un volume ou à une quantité mesurable, alors disparaît toute idée de « neutralité » du modèle ML dans ses usages variés. S'imposerait dans ce cas une régulation du déploiement des modèles ML à envisager dès le début, ce dont les chercheurs ne semblent se préoccuper qu'à posteriori. L'enjeu réside dans le fait que la diffusion est indissociable de la



hiérarchisation des contenus et relance du même coup la question du pouvoir en commun. Cette hiérarchie commence avec la répétition. La multiplication d'un même sens se fait aussi bien à travers celle de messages (ex. tweets) que par le nombre d'adhérents à une page thématique Facebook. La dimension sociale de la diffusion se rapporte également à la variation au cours du temps du contenu produit par un même modèle. Non seulement existe-t-il la possibilité d'automatiser l'écriture d'articles journalistiques<sup>735</sup>, mais les usagers peuvent orienter parfois à leur guise les algorithmes, une sorte d'éducation du modèle ML dans la répétition<sup>736</sup>. Enfin, la diffusion reproduit la hiérarchie sociale existante (ex. messages du président d'un pays) ou crée de nouvelles hiérarchies par la multiplication de contenus identiques ou différents par une même personne et évaluée par les accès (id. « clics ») et les « like ». Le savoir derrière une tâche de bureau parfaitement accomplie par un employé perd sa valeur aux yeux de l'organisation dès qu'un modèle ML accomplit le travail. Dans ce cas, la diffusion consiste en la multiplication du modèle ML dans le plus grand nombre possible de milieux professionnels. En somme, si le partage ouvre sur des usages dont le nombre se rapporte à l'imagination des utilisateurs, occulter la question du partage au moment de la conception évacue par là même sa dimension sociale comme rapport au réel reposant sur une diffusion qui hiérarchise les fins et significations. Ce rapport de force inhérent à cette idéologie du partage ne ressort qu'après coup chez les chercheurs de par les régulations proposées, contredisant au passage la neutralité supposée de leur artefact. La valeur d'échange maintient ce rapport de force.

En effet, pour les entreprises, ces valeurs d'usage se subordonnent à une valeur d'échange née de l'indifférence<sup>737</sup> sur la diversité des applications concrètes pourvu qu'elles se monétisent. Le partage légitime cette « neutralité » sur les fins et donne lieu à une multiplication des

---

<sup>735</sup> Voir envoi sur le « digital journalism ».

<sup>736</sup> Hunt, Elle. 2016. "Tay, Microsoft's AI Chatbot, Gets a Crash Course in Racism from Twitter." *The Guardian*, March 24, 2016. <https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/24/tay-microsofts-ai-chatbot-gets-a-crash-course-in-racism-from-twitter>

<sup>737</sup> Une indifférence de plus en plus remise en cause. Facebook et Tweeter, les plus en vus font l'objet de pressions contradictoires du Congrès américain au moment des élections de 2020. Dans un précédent renvoi, je parlais des actions politiques de ces entreprises qui effacent certains messages de leurs utilisateurs ou placent des avertissements relatifs à des mensonges ou à la dévalorisation de groupes minoritaires.

services<sup>738</sup>. Les usages déterminés en partie par les entreprises<sup>739</sup> s'élaborent à partir d'un ordre économique existant et capable de les valoriser. Autrement dit, la diversité des usages particuliers se maintient à la condition de préserver ou d'acquérir une propriété d'échangeabilité, une question ramenée à l'aspect procédural ou régulateur des règles économiques, comptable et de gestion. Précisons que la rareté ne se rapporte pas aux données, mais aux moyens informatiques de les traiter qui existent en quantités limitées, étant donné le peu d'acteurs présents et le montant des investissements nécessaires. En outre, l'intervention de courtiers en données (« data Broker ») sur une valeur d'échange éventuelle confère aux usages une valeur spéculative. Elle repose sur l'anticipation d'une capacité productive non encore déterminée. De fait, rien n'est effacé disais-je dans cette opération de cumul sans fin.

Cette idéologie du partage dans sa version économique et politique s'exprime de différentes manières chez plusieurs intellectuels. Luc Boltanski situe la représentation d'une économie en réseau aux années 1980 où commence, dit-il :

[...] une représentation du monde économique et, plus généralement de la société, faisant appel à la métaphore du réseau: interconnexion de points singuliers permettant une multiplicité de trajets différents et non plus espace homogène borné par des frontières permettant de distinguer un intérieur d'un extérieur<sup>740</sup>.

M. Bengio suppose implicitement l'existence de cette organisation en réseau où l'apprentissage des modèles ML ne peut se faire qu'à partir de la disponibilité d'ensembles de données à l'origine desquels ont œuvré des opérations de partage. Dans ses conférences, il

---

<sup>738</sup> Pour un rappel de la position néoclassique à ce sujet, on peut lire Pierre Verrier. Pour Walras « les choses utiles limitées en quantité sont valables et échangeables ». Chez Marx, « ... au contraire l'échangeabilité n'est une propriété attachée à la valeur d'usage que dans les sociétés marchandes ». Philippe Verrier, « Valeur d'usage, rapport d'échange et rapport capitaliste dans la théorie de K. Marx. », *Cahiers d'économie politique* 12, n° 1 (1986): 157-74, p. 158. Le découplage de la valeur d'usage de la valeur d'échange au sens de l'économie marchande est défendu par les tenants de la décroissance, notamment par Serge Latouche et Jean-Marie Harribey de l'association Attac. Serge Latouche, *Le pari de la décroissance*, Fayard (Paris, 2006). Jean-Marie Harribey, « Le développement a-t-il un avenir ? Pour une société solidaire et économe » (Attac, 20 mars 2009), <http://www.france.attac.org/spip.php?article9665>.

<sup>739</sup> Mais pas seulement. Penser au mouvement Open Data qui appelle à la reprise en main de la démocratie à l'aide de l'échange de données. Voir renvois précédents.

<sup>740</sup> Boltanski, *Op. cit.* p. 21.

exposait un point de vue évolutionniste sur les moyens de production dont Arendt résume le fil conducteur<sup>741</sup> :

À l'arrière-plan, toutefois, nous voyons se dessiner une illusion marxienne d'une société de libres producteurs qui a pu être réalisée en fait, non pas par la révolution, mais par les effets de la science et des techniques. [...] Autrement dit, derrière cette dénonciation de la consommation [ici, le partage] se découvre l'idéalisation de la production et, avec elle, l'ancienne idolâtrie de la productivité et de la créativité.

Dans cette mouvance, le sociologue Robert Castells envisageait au milieu des années 1990 l'avènement d'une « société informationnelle » où :

... le terme informationnel caractérise une forme particulière d'organisation sociale, dans laquelle la création, le traitement et la transmission de l'information deviennent des sources premières de la productivité et du pouvoir, en raison des nouvelles conditions technologiques apparaissant dans cette période historique<sup>742</sup>.

Selon Smyrnaio, Castells venait entériner un ordre économique en cours d'établissement et fournissait par là même un cadre explicatif aux dirigeants.

Cette lecture de Castells rappelle celle d'apôtres des technologies tels que l'américain Jeremy Rifkin, essayiste en prospectives et conseiller à un moment donné de trois présidents de la Commission européenne<sup>743</sup>. « The Rise of Internet of Things » nous amènerait à l'aube d'une organisation sociale où « The convergence of the Communication Internet, renewable Energy Internet, and automated Transportation and Logistics Internet in an operating kernel becomes the brain for an Internet of Things cognitive infrastructure<sup>744</sup> ».

Chez Castells, « l'unité est le réseau composé d'une diversité de sujets et d'organisations, qui se modifie sans cesse à mesure qu'il s'adapte aux environnements et aux structures du marché<sup>745</sup> ». Ceci fait dire à Smyrnaio que les changements de la nouvelle organisation sociétale proviendront d'une « reconfiguration permanente des réseaux<sup>746</sup> ».

---

<sup>741</sup> La philosophe critique l'expression « société de consommation ». Arendt, *Du mensonge ...*, *Op. cit.*, p. 118.

<sup>742</sup> Castells, *Op. cit.*, in Nikolaos Smyrnaio, « L'industrie de l'éphémère. Émergence et consolidation de modèles diversifiés de production et de diffusion de l'information en ligne » (Université Stendhal Grenoble 3, 2005), p. 43. Citation tirée de Castells, *Op. cit.*, p. 44, 45

<sup>743</sup> Jeremy Rifkin, « The Foundation on Economic Trends », 2020, <https://www.foet.org/>.

<sup>744</sup> Jeremy Rifkin, « The Rise of the Internet of Things and the Race to a Zero Marginal Cost Society », *Huffington Post* (blog), 26 octobre 2015, [https://www.huffingtonpost.com/jeremy-rifkin/internet-of-things\\_b\\_8306112.html](https://www.huffingtonpost.com/jeremy-rifkin/internet-of-things_b_8306112.html).

<sup>745</sup> Castells in Smyrnaio, *Op. cit.*, p. 45. Citation tirée de Castells, *Op. Cit.*, p. 263.

<sup>746</sup> Smyrnaio, *Op. cit.*, p. 45.

L'idéologie du partage légitime cette « reconfiguration » dynamique. Elle assure l'alignement des fins des divers acteurs et des significations attribuées. Elle justifie la nécessaire connexion de tout à tout pour un monde efficient, efficace et économiquement rentable une fois parvenu à la « bonne organisation<sup>747</sup> ».

## **Le modèle ML, un *nouveau* mode de connaissance ?**

Concluons par une question : le modèle ML, est-il une forme de connaissances, une idéologie de plus ou bien un nouveau mode de connaissance tel que l'affirme ce chapitre ?

Le modèle ML est l'agrégation de formes de connaissances (ex. « sciences de la gestion », ingénierie) traversées par différentes catégories telles que l'optimisation, l'efficacité, etc. Cependant, il rejoint l'idéologie sur plusieurs aspects. Enfin, il constitue un nouveau mode de connaissance si à la lumière de la réflexion développée et notamment en référence au chapitre 6, nous l'envisageons en tant qu'une « méthode » parmi d'autres d'appréhension du savoir ordinaire avec ses limites à se saisir du « réel ».

Le modèle ML recoupe l'idéologie par le biais du partage sur les points suivants :

1. Il porte sur le sens commun, la connaissance de tous les jours.
2. Il s'intéresse au caractère immanent de la vie et non à un quelconque aspect transcendant que le mode de connaissance mythique par exemple, suppose. Ceci n'empêche pas le modèle ML de modéliser toute activité d'ordre religieux.
3. Sa diffusion massive l'instaure progressivement en médiateur central de toute prise de décision et de l'action humaine. Le simple fait de refuser que nos actes soient captés et modélisés exige de penser l'existence de ces opérations techniques et d'agir de façon à ce qu'elles n'aient pas lieu.
4. Cet évitement<sup>748</sup> est d'autant plus difficile que le modèle ML repose sur le partage, opération technique par laquelle nous passons pour maintenir ou créer des liens sociaux.

---

<sup>747</sup> Expression de Francis Pavé. Pavé, *Op. cit.*, p. 265.

<sup>748</sup> Par exemple, avoir un simple téléphone ou un téléphone dit « intelligent » sans abonnement aux données nous prive de toutes les échanges par réseaux sociaux.

Ce partage se confond à l'usage avec les rapports sociaux par les attentes et réactions des autres.

5. À l'instar de l'idéologie, ce partage n'est pas discutable. Le choix porte seulement sur les personnes avec lesquelles nous partageons, mais au prix d'une latitude restreinte envers les prestataires de services qui définissent les conditions d'exercice de cette opération. Le modèle ML non plus n'est pas discutable. Boite noire ou grise, seuls les objets dont on s'entoure le sont quoique là encore, on peut s'interroger sur les exigences futures de compagnies d'assurances et d'énergie<sup>749</sup>.
6. Le modèle ML possède ce côté réducteur de toute idéologie à propos de l'être humain considéré par son statut unique d'utilisateur en tant que personne observée et productrice.
7. Enfin, il n'explicite pas les règles de sa construction.

Toutefois, et en référence au commencement de cette thèse, la question de la totalisation demeure. Je rappelle que ce terme n'est pas adapté à mon propos. Je l'emploie par commodité et parce que fréquemment retrouvé en sciences sociales. Cette mise en lien de tout avec tout, la réunion des activités en ligne et dans l'espace physique (chap. 7) soulève la question de la restitution d'un monde continu par le GAFAM à partir de la modélisation des régularités dans une apparente discontinuité<sup>750</sup> et qu'on retrouve chez plusieurs auteurs sous l'angle d'une fragmentation et d'une totalisation mutuellement exclusives. Mon hypothèse (chap. 7) est que les informaticiens tentent de fabriquer du continu à partir du discret si je reprends les termes de René Thom, une opération que le mathématicien trouve plus difficile que son contraire<sup>751</sup>. Nonobstant cette réserve d'ordre lexicale, toute idéologie a une visée « totalisante » au sens où le propos idéologique porte sur l'entièreté de la vie. Qu'est-ce que cela veut dire ? Je l'ai abordée à plusieurs reprises. Le modèle ML vise une emprise sur l'espace géographique et par de là sur les espaces sociaux mis techniquement en réseaux par le truchement des objets, points de connexions multiples. Il y a bien la visée de couvrir la plus grande partie de la vie sociale, ne

---

<sup>749</sup> Se souvenir de l'objet connecté Ajusto de Desjardins et d'Hydro-Québec avec son agrégateur Hilo.

<sup>750</sup> Je formule ce point en conclusion du chap. 4 ainsi que du chap. 6 pour introduire le chapitre 7.

<sup>751</sup> Thom, *Op. Cit.*

serait-ce que parce que la diversité du sens commun se retrouve dans celle des expériences de chacun en rapport avec les Autres et continuellement captées : comment alors recouvrir tous ces contenus à l'aide d'une forme fixe ? Nous revenons à ce rapport problématique forme-contenu (chap. 4) à partir duquel je propose une perspective conditionnelle du modèle ML comme mode de connaissance en tant que « méthode » au sens de nouveau moyen social d'un rapport au réel qui n'exclut pas la diversité des points de vue et leurs confrontations aux côtés des autres médiateurs tels que le livre, le théâtre, la presse grand public, la télévision ou encore la radio.

Le modèle ML se démarque alors de l'idéologie :

1. À travers le partage, le modèle ML admet tous les contenus et en particulier toutes les fins et par là, toutes les significations.
2. Ces significations s'équivalent sur le plan technique<sup>752</sup> de sorte que leur pluralité maintenue assure celle des débats, des consensus aussi bien que des controverses.
3. Les résultats du modèle ML ne cherchent pas à convaincre alors que la diffusion spécifique au partage par le biais des diverses expressions techniques de la répétition le permet. Les savoirs de la gestion (aspect organisationnel), des sciences « dures » (vraie, expérimentations, rigueur), des mathématiques (démontré) concourent à leur reconnaissance publique, leur institutionnalisation. Ces résultats deviennent les médiateurs de l'action en commun qui n'exclut pas à priori une réflexivité des acteurs, du moins jusqu'à présent. Dans le cas contraire, ce serait ramener l'institutionnalisation aux opérations de prescription et de conviction propres à l'idéologie en écartant les capacités d'apprentissage des personnes impliquées.

Aussi, le modèle ML peut exister comme un nouveau mode de connaissance. Tout d'abord, il est un moyen d'acquisition de connaissances sur le monde qui n'auraient pu apparaître autrement. Ensuite, il coexiste avec le mode idéologique. Autrement dit le caractère original des connaissances n'exclut pas les autres. Les résultats acquièrent la valeur vraie vérifiée

---

<sup>752</sup> Ceci est à nuancer. Le choix des données oriente les algorithmes vers des résultats précis, les fameux « biais » (voir exemple chap. 4 sur la police de Chicago). Cependant, la visée technique demeure, soit celle de capter et modéliser les situations telles qu'elles se déroulent.

empiriquement par l'expérience des utilisateurs du modèle ML tout en laissant la place à des médiations (raisonnements) qui ne prennent pas en compte la formalisation unique d'ordre mathématique à l'œuvre. Ceci revient maintenir une coexistence avec des personnes qui n'ont pas le statut d'utilisateur, bref qui ne font pas appel aux objets connectés ou qui diversifient leurs sources. Enfin, il est une méthode pour les entreprises commerciales pour mieux connaître leurs clients, s'adapter à leurs goûts et leur proposer des publicités ciblées. Il prend part à la méthodologie de plusieurs domaines<sup>753</sup>. En soi, les professionnels savent que d'autres outils sont à leurs dispositions. Actuellement, dans la société civile, la connaissance de la pluralité des moyens et la critique de leur confrontation s'exercent dans des cadres juridiques, politiques et sociaux précis, notamment dans des débats où le quidam saisit les limites de la forme technique et à partir desquelles, il peut élaborer d'autres significations. En sera-t-il de même pour le modèle ML et par là de cette opération technique de partage ?

---

<sup>753</sup> Exemple : Tkatchenko, Alexandre. 2020. "Machine Learning for Chemical Discovery." *Nature Communications*, 2020.

# Conclusion

## Un résumé de la thèse

Je suis parti du constat que l'intelligence artificielle des années 2020 se distingue de celle des décennies antérieures par l'objet sur lequel elle porte, soit la formalisation de la connaissance ordinaire, celle acquise et engagée dans la vie de tous les jours. Elle n'est plus seulement celle du savoir savant et professionnel des systèmes expert. Ensuite, cette formalisation est opératoire par la mise à jour continue des modèles à travers l'action des usagers captée en temps réel. L'IA n'est plus seulement une discipline de laboratoire. J'ai laissé de côté ses usages dans des domaines professionnels ou scientifiques (ex. chimie), car d'un point de vue sociologique, je désire mettre en exergue le rôle de médiateurs des algorithmes dans les rapports sociaux via les « objets connectés » à partir desquels s'élabore un réseau d'activités sociales et plus précisément de régularités sociales. Au-delà du tapage médiatique et du terme superfétatoire d'intelligence artificielle, les techniques d'apprentissage machine se banalisent et s'ajoutent aux outils de programmation existants afin de traiter une quantité toujours croissante de données grâce, entre autres choses, à la multiplication des capteurs dans les objets usuels dont fait partie l'emblématique téléphone dit « intelligent ».

J'ai théorisé l'IA d'un point de vue sociologique en « modèle ML » (« modèle Machine Learning ») à l'aide des concepts de « modèle concret de connaissance » du sociologue Gilles Houle, de « mémoire sociale technicisée » et de « morphologie sociotechnique » à partir d'une sociologie de la mémoire sociale du sociologue Maurice Halbwachs ainsi que du concept d'institution présenté par le philosophe Jean De Munck.

Le modèle ML est un mode de connaissance de la vie sociale. Il cerne les caractéristiques communes aux formes de connaissances constitutives de ce type de modèle : le problème, l'apprentissage, la prise de décision, l'action, l'optimisation, l'efficacité, l'activité, la créativité, la rigueur, la démonstration, le « vrai », la nouveauté, le progrès, la répétition, le changement, etc. Il régule la connaissance des chercheurs en IA tout en s'appuyant sur une perspective de l'être humain au statut unique d'utilisateur en tant que sujet observé et producteur de données. Enfin, ces



catégories proposent une régulation des conduites par la réflexivité des chercheurs sur leur propre travail aussi bien qu'à l'usage, un modèle ML médiateur des rapports aux autres.

Le modèle ML comprend trois axes de compréhension de l'IA en gardant à l'esprit que seul le savoir de sens commun m'intéresse ici. Le premier (chap. 3) le pose en modèle algorithmique et statistique en insistant sur le « représentation Learning », une approche particulière dont l'ambition consiste à pouvoir calculer les liens entre variables existantes ou bien à créer de toute pièce lesdites variables (ou dimensions) et les liens afférents. D'un point de vue sociologique, le travail de recherche sur le savoir ordinaire porte sur l'automatisation de la schématisation des conduites humaines et captées par divers moyens (ex. GPS). Apprendre consiste à la fois à modéliser, à découvrir un « pattern », à trouver « la bonne représentation » et à « généraliser » selon les chercheurs.

Le second axe de compréhension cerne les connaissances et raisonnements au fondement de l'IA et de l'institutionnalisation des algorithmes. Les ordinateurs, les téléphones, les thermostats, les montres, les voitures, les interfaces matérielles telles que Google Mini ou Echo<sup>754</sup> Dot véhiculent les idées de leurs concepteurs à l'origine des algorithmes qui les habitent et selon une anthropologie des techniques qui considère les fins inscrites dans les moyens, l'objet technique n'étant jamais neutre. Aussi, l'usage est à la fois le moment de la diffusion des modèles ML et celui de leur interprétation par l'utilisateur à travers les résultats produits par les calculs. J'affirme que les règles qui président à l'élaboration et au fonctionnement des modèles ML et qui émanent de professionnels se rattachant au vaste groupe « Machine Learning », deviennent en partie des normes. Elles bénéficient d'une adoption à grande échelle facilitée par la reconnaissance collective déjà existante de certaines de leurs idées.

Divisée en trois parties, la première direction de cet axe (chap. 3) montre que l'IA repose sur les notions familières de « problème », de « but » à atteindre, de « prise de décision » et « d'actions » où un raisonnement par analogie avec l'être humain définit une entité dénommée

---

<sup>754</sup> Ces produits vendus par Google et Amazon sont dotés d'un micro qui capte le son et d'un haut-parleur qui le restitue. Ils sont continuellement branchés à des réseaux neuronaux d'interprétation linguistique de ce que l'utilisateur peut demander à tout moment (communication verbale uniquement), que ce soit une question sur le temps qu'il fait, la plantation des thuyas, jouer de la musique, lancer un film sur la télévision ou les lumières par exemple.

« agent » ou « agent informatique ». Quand bien même plusieurs informaticiens et ingénieurs n'utilisent pas ce terme, ses caractéristiques demeurent quand il s'agit de discuter de leur travail ou des applications.

La deuxième direction (chap. 4) s'attarde sur le modèle ML en « interaction » avec les utilisateurs. J'aborde l'aspect régulateur d'un modèle ML partie prenante des conduites des usagers et les limites rencontrées inhérentes à sa conception. La mise en service des algorithmes s'accompagne de la production d'une interprétation en situation de la part de l'usager. Pour la sociologie, l'interprétation prend l'allure d'une signification attribuée au résultat de l'algorithme, marquée par sa plus ou moins grande pertinence au regard de l'action en cours. Cette analyse introduit l'enjeu de l'institutionnalisation en présentant une compréhension de l'adoption des modèles ML dans le cours habituel de nos activités en termes d'une tierce médiation qui ne réussit que partiellement à guider l'action. Cette « incomplétude » des règles qui régissent la pensée et l'agir humain limite le modèle ML par son incapacité à distinguer lors de l'opération de généralisation, celle du passage à une situation similaire, le monde des possibles chez l'être humain. Un écart subsiste dans le rapport de cette construction idéale avec la réalité.

La troisième direction (chap. 5) identifie les « sciences de la gestion » ou « l'esprit gestionnaire » qui marque l'élaboration du modèle ML aux côtés des « sciences », puisque tant le travail d'ingénierie que ses produits relèveraient de la sphère scientifique selon ses protagonistes. Ensuite, l'importance accordée à la « créativité » nous ouvre une autre fenêtre sur le monde de l'entreprise. Enfin, « l'aide à l'être humain » dans son quotidien se présente comme une nécessité pour ces mêmes chercheurs, non sans une réflexion de leur part sur les responsabilités rattachées à leur métier.

Le chapitre 6 s'attarde sur une forme de connaissance particulière, celle prétendument « scientifique », cruciale pour la crédibilité des algorithmes vu le statut de la science dans les sociétés occidentales. Si le chapitre 5 conclut par un retour rapide sur le sens de « science », « Big science », « technosciences », « innovation » et « progrès », ce chapitre ramène la question de l'institutionnalisation à une discussion entre chercheurs sur les propriétés visées de la connaissance qui assurerait le succès des modèles ML. « Vraie », « démontrée », « nouvelles » et

« efficace » se saisissent dans le cadre du débat sur la place à accorder à la connaissance préalable et à celle de la reproductibilité des résultats, une épistémologie interne au Machine Learning.

Enfin, le troisième axe de compréhension (chap. 7, 8) s'attarde sur une antinomie et point de départ de ma réflexion. La multiplication des algorithmes et des ensembles de données à la source de l'apprentissage, cette fragmentation aux dires du sociologue Dominique Cardon présentent un éparpillement géographique et temporel des calculs qui pourtant se retrouveraient réunis dans une sorte de totalisation économique et politique en la personne de l'utilisateur mu par une « raison numérique » selon le philosophe français Éric Sadin. En désaccord, avec la figure d'un quidam réduit à un automate chez les deux auteurs, je partage leur perspective sur l'unification des artefacts techniques et des usagers sous l'égide de l'économie marchande. L'exercice d'un nombre restreint d'entreprises, toutes américaines, facilite ce regroupement. Cependant, d'un point de vue sociologique, je discerne une synthèse où totalisation et fragmentation sociales coexistent en l'institution en cours d'un réseau sociotechnique, une organisation sociale sous la forme d'une configuration des habitudes des uns et des autres. Ancrées dans des espaces et temps divers, ces habitudes se voient interreliées par recoupement des données issues des réseaux sociaux avec celles relatives aux déplacements, occupations ménagères ou encore rencontres en présence ou en vidéo (ex. Skype) grâce aux objets connectés.

Ce troisième axe accorde toute leur importance à ce type d'objets. Que le prochain « hiver » de l'IA soit à nos portes ne change rien à la distribution matérielle et logicielle de calculs issus de la captation des activités humaines. Au final, s'élabore peu à peu un monde où n'importe quoi est connecté à n'importe quoi et où se met en place un réseau des régularités sociales. Ce réseau se distingue par l'importance accordée à l'espace et au mouvement. Le modèle ML se saisit ainsi à travers deux caractéristiques qui marquent le réseau. D'une part, un algorithme n'existe jamais seul, il est toujours en « relation avec ». D'autre part, « la fin du reset » comme je l'appelle annonce l'avènement de programmes informatiques dont les résultats ne découlent plus de réinitialisations successives, mais d'un ajustement sans fin suite à une accumulation continue des données. Ces deux caractéristiques construisent le temps cyclique du modèle ML en renvoyant aux usagers leurs habitudes alors que l'irréversibilité du temps linéaire formé par des

situations chaque fois uniques renouvelle constamment les liens sociotechniques, humain - humain via machines.

L'institutionnalisation des modèles ML relance la question du pouvoir au sens d'une redistribution du savoir et de l'agir en commun. En effet deux formes de connaissances ressortent : l'action et le partage. L'action est relative à l'intervention du modèle ML dans la vie de tous les jours. Elle repose implicitement sur le partage de données, un point qui n'est qu'indirectement discuté par mon échantillon de chercheur. La mise en service des modèles ML sous-entend que socialiser c'est partager et partager revient à échanger des données. Le partage repose sur le mode de connaissance idéologique, une opération de réduction des rapports sociaux à leur aspect technique qui légitime une ingénierie en cours des activités sociales ainsi qu'une valeur d'usage des données relue par leur valeur d'échange et spéculative.

Pour certains lecteurs, une ingénierie de la vie sociale est probablement un terme exagéré sachant de toutes les façons que les rapports d'ordre social, économique, politique ou encore religieux sont depuis longtemps articulés par une multitude d'artefacts techniques. À la défense de cette thèse, je rappelle que l'outil traditionnel que ce soit un téléphone, un tournevis ou une automobile ne produit pas de résultats. La transmission de la voix, la vis dans le bois et le déplacement d'un point A à un point B résultent d'interprétations, de calculs et d'actions de l'être humain. L'algorithme introduit « l'autonomie » de l'outil, une capacité à agir, verbe à la racine du substantif « agent ». À partir de là, les possibilités de communications et d'actions inter objets, la multiplication des liens entre eux et avec les utilisateurs n'a plus de fin. Cependant, au sens large, cet usage du terme « réseau » ne suffit pas à saisir ce maillage technique de tout avec tout. Il y a des regroupements sur une base spatiale tels que la maison, les voitures dans un rayon donné par type d'activité, une classification continue de la part des entreprises de collectes de données qui autorise des croisements (ex. Amazon, Google). Une sociologie des réseaux nous apporterait avec les concepts de cercle, d'encastrement et de découplage, un autre moyen de raisonner à l'échelle des groupes et des relations entre groupes, bref, à un niveau agrégé. Je voudrais ici présenter les linéaments d'une recherche ultérieure en commençant par un cadre théorique compatible avec celui de la mémoire sociale, puis les deux questions générales qui guiderait la recherche.

## Une sociologie des réseaux

À partir du texte de Michel Grossetti et Marie Pierre Bes<sup>755</sup> ainsi que celui du sociologue américain Mark Granovetter<sup>756</sup>, je rapprocherai brièvement le cadre théorique de cette thèse de celui d'une sociologie des réseaux. Le « cercle » défini par Grossetti et Bes est une partie du réseau d'un individu donné regroupant les personnes qui partagent les mêmes idées alors que le réseau au complet est l'ensemble des rapports variés relatifs à l'individu en question et dénommées « relations personnelles ». Les membres d'une entreprise, d'une association ou une équipe scientifique forment des cercles.

Tant Granovetter que Bes et Grossetti<sup>757</sup> plaident pour une étude dynamique des relations entre groupes : naissance, disparition, transformations. Aussi, le concept d'encastrement désigne l'influence des relations personnelles (réseau d'un individu) au sein de cercle dont est membre cet individu (ex. une entreprise). Un cercle peut disparaître par redéploiement dans d'autres contextes des relations qui le caractérisent jusqu'à ce qu'elle passe à l'arrière-plan. Pour une sociologie de la mémoire, l'encastrement est l'intervention de médiations étrangères à celles qui prévalent au sein du cercle et fondatrices de celui-ci. J'ai montré l'encastrement de l'entretien (chap. 2) comme cercle de deux personnes supposées liées avant tout par un lien juridique dans des relations sociales médiées par des catégories de connaissances diverses (ex. journalisme, littérature de sc. Fi., etc.). La dilution de ce cercle aurait consisté à laisser d'autres médiations intervenir et prendre le dessus (ex. sympathiser pendant l'entretien avec certains professeurs et qui auraient pu dériver vers une discussion sur mes expériences passées en codage ou l'enseignement au niveau du baccalauréat).

Le découplage est le contraire de l'encastrement. L'autonomisation du cercle, c'est à dire le peu d'importance des relations personnelles de chacun des membres au sein du cercle. Pour

---

<sup>755</sup> Michel Grossetti et Marie-Pierre Bes, « Dynamiques des réseaux et des cercles. Encastrement et découplages », *Revue d'économie industrielle* 103, n° 1 (2003): 43-58.

<sup>756</sup> Mark Granovetter, « Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness », *American journal of sociology*, 1985, 481–510.

<sup>757</sup> Bes et Grossetti estiment que le concept d'encastrement présenté par Mark Granovetter est « statique » (Grossetti et Bes, *Op. cit.*, p. 54, 55) alors que par ailleurs ce dernier défend l'idée de rapports sociaux en termes de processus et reproche notamment à l'économiste Gary Becker de substantifier les rôles, de partir des classifications existantes et de les considérer comme immuables (Granovetter, *Op. cit.*, p. 486, 487).

une sociologie de la mémoire, le découplage consiste en l'exclusion de toutes les médiations qui ne sont pas au fondement du cercle. En pratique, il n'y a jamais découplage complet. Les médiations à l'origine de la constitution des mémoires sociales découlant des rapports ordinaires (hors cercles) sont remises en jeu à divers degrés dans les raisonnements, connaissances et actions attendues des membres du cercle. Chez Granovetter, découplage et encastrement déterminent sur et sous socialisation, un moyen de parler de la place plus ou moins grande des médiations sociales au sein de médiations plus spécifiques (ex. économiques).

Grossetti et Bes en appellent à étudier les relations sociales de manière regroupée, et ce, sur plusieurs niveaux<sup>758</sup>. Le concept d'institution que j'utilise permet l'établissement des rapports entre « niveaux » qui sont pour mon cadre théorique des ensembles sociaux plus ou moins larges où le processus d'institution consisterait en l'encastrement des cercles des usagers de modèles ML dans le cercle des chercheurs en ML, c'est-à-dire à la médiation de catégories de connaissances qui président à l'existence de certains rapports sociaux (ex. optimisation). Il y aurait à nuancer la compatibilité supposée entre une sociologie de la mémoire sociale et la sociologie des réseaux et des cercles. Grossetti et Bes distinguent encastrement horizontal et vertical alors que Maurice Halbwachs suppose l'appartenance de l'individu à au moins un groupe<sup>759</sup> (cercle) de sorte que l'encastrement est toujours « horizontal<sup>760</sup> ». En outre, le groupe, l'organisation, peu importe son nom, devient l'entité agissante pour une sociologie des réseaux (ce qui est souvent le cas d'une modélisation par agents en sociologie), une fiction que nous devons poser si l'on veut par la suite réintégrer le concept de « mémoire sociale ».

En acceptant ce raccourci, le « réseau de régularités » élaboré par les IoT est un réseau de cercles chacun caractérisé par une régularité spécifique. Par exemple, la régularité afférente aux entrées et sorties des pièces d'une maison de chacun de ses habitants et construite par le thermostat doté d'un détecteur de mouvements peut être mise en rapport à l'échelle de l'habitation et former un cercle ou groupe des mouvements de tous les occupants. À l'échelle

---

<sup>758</sup> Voir leur schéma. Grossetti et Bes, *Op. cit.*, p. 50.

<sup>759</sup> La réciprocité des points de vue : voir cadre théorique.

<sup>760</sup> C'est-à-dire de rapports de groupes à groupes via les individus. Les auteurs reposent leurs raisonnements sur une métaphore spatiale en faisant usage des termes « micro » et « macro », « haut » et « bas », discutent de relations d'ensembles sociaux vers l'individu et vice et versa. Malgré tout, l'analyse qu'ils proposent vise à sortir de l'opposition individu/société que je critique en introduction de cette thèse.

d'un quartier ou d'un territoire quelconque, ces cercles peuvent éventuellement être mis en relation les uns avec les autres. On peut raisonner de la même manière avec l'allumage de la télévision<sup>761</sup>, des lumières ou encore les déplacements en automobile. La régularité construite par le modèle ML de chacun des usagers de la maison pour chacune de ces trois activités forme autant de cercles constitués des relations entre occupants autour d'une même activité. Encore une fois, ces cercles inhérents à des activités différentes peuvent être mis en rapport à l'échelle de différents espaces. Ces derniers sont au centre du concept de morphologie sociale de sorte que ces opérations de regroupement et de recoupement des traitements de données par les modèles ML reviennent à produire et mettre en rapport des morphologies sociales technicisées.

Si ce cadrage par le concept de réseau et de morphologie sociale peut évoquer une théorie des ensembles dans sa version sociologique, cet exercice de regroupement se ramène, du moins pour les entreprises commerciales<sup>762</sup>, à un travail relevant des statistiques et des probabilités. Se posent deux questions importantes. La première qui consiste à se demander ce qu'elles font des données pourrait se reformuler comme suit : à quels ensembles sociaux, démographiques, économiques, politiques, etc. aboutissent ces entreprises ? La seconde est celle du pouvoir de savoir, de posséder une certaine information sur les populations. La question du « partage » se reformule à l'aide du concept de réciprocité : qu'en est-il du retour à celles-ci, de la redistribution du « savoir<sup>763</sup> » ? Sous l'angle de la formalisation anthropologique du « Donner, recevoir, rendre<sup>764</sup> » qu'en est-il de la circulation des données à partir de l'utilisateur, de la réception par les entreprises et les façons dont elles rendent ce qu'elles ont reçu ? Une sociologie des réseaux

---

<sup>761</sup> Une interface matérielle telle qu'une « chromecast » branchée à la télévision permet à la société Google de connaître l'heure du début et de la fin du fonctionnement de la télé. Si du contenu tel que celui de Netflix, un diaporama, de la musique ou autre est projeté via l'objet connecté « Chromecast », ces données sont alors portées à la connaissance de Google.

<sup>762</sup> En tapant « Google Covid 19 tracker », la recherche de l'entreprise puise dans diverses sources pour présenter le nombre de cas et leur répartition géographique. Voir annexe 4.

<sup>763</sup> Consentir à partager ses données donne lieu actuellement en la promesse d'une amélioration des services offerts en guise de « retour ».

<sup>764</sup> Référence à la synthèse réalisée par l'anthropologue français Marcel Mauss dans l'ouvrage classique « Essai sur le don » et à celle du sociologue Luc Racine. Luc Racine, « Les Formes élémentaires de la réciprocité », *L'Homme* 26, n° 99 (1986): 97-118; Marcel Mauss, *Essai sur le don: Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques* (Presses Universitaires de France - PUF, 2007).

et de la mémoire sociale pourrait s'attaquer à ces deux questions par une étude sur l'économie dite « circulaire » ou « collaborative<sup>765</sup> » par exemple.

---

<sup>765</sup> Voir <https://www.quebeccirculaire.org/>



# Références bibliographiques

## Bibliographie générale

Albanel, Véronique. « Pour une politique digne de ce nom ». *S.E.R | Études* 5, n° 416 (2012): 629-39.

Andler, Daniel. *Introduction aux sciences cognitives*. Paris: Folio essais, 2004.

Andonova, Yanita. « De l'invisibilité des dispositifs numériques à la légitimation de la communication en entreprise ». *Sociologies pratiques* 30, n° 1 (2015): 43.

———. « Éloge de l'indisponibilité numérique au travail ». *Les enjeux de l'information et de la communication* 17, n° 1 (2016).

———. « L'atelier, l'opérateur et les TIC: De la justification aux figures de compromis ». *Questions de communication*, n° 19 (30 juin 2011): 253-68.  
<https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.2720>.

Andonova, Yanita, et Béatrice Vacher. « Nouvelles formes de visibilité des individus en entreprise : technologie et temporalité ». *Communication et organisation*, n° 44 (2013): 5-14.

Arendt, Hannah. *Condition de l'homme moderne*. Calmann-Levy. Paris, 1983.

———. *Du mensonge à la violence*. Paris: Calmann-Levy, 1969.

———. *La Crise de la culture*. Folio/Essais. Paris: Gallimard, 1989.

Bachelard, Gaston. *Essai sur la connaissance approchée*. Paris: Vrin, 1927.

———. *Le nouvel esprit scientifique*. Presses Universitaires de France. 6e édition Quadrige, 1999.

Baechler, Jean. 1976. *Qu'est-Ce Que l'idéologie ?* Gallimard

Bertalanffy, Ludwig von. *Théorie générale des systèmes*. Paris: Dunod, 1993.

Berthelot, Jean-Michel. *L'intelligence du social: le pluralisme explicatif en sociologie*. 1re éd. Sociologie d'aujourd'hui. Paris: Presses universitaires de France, 1990.

———. *Sociologie. Épistémologie d'une discipline. Textes fondamentaux*. Brussels: De Boeck Université, 2000.

Blanchette, Jean-François. « A Material History of Bits ». *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62, n° 6 (juin 2011): 1042-57.

Boltanski, Luc, et Laurent Thévenot. *De la justification : les économies de la grandeur*. Paris: Gallimard, 1991.

———. « Les changements actuels du capitalisme et la culture du projet », *Cosmopolitiques* 12 (2008): 17-42

Boullier, Dominique, et El Mahdi El Mhamdi. « Le machine learning et les sciences sociales à l'épreuve des échelles de complexité algorithmique ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 14, n° 1 (2020): 1-34.

Bouveresse, Jacques. *Prodiges et vertiges de l'analogie : De l'abus des Belles-lettres dans la pensée*. Paris: Raisons d'agir, 1999.

Breiman, Leo. « Statistical Modeling: The Two Cultures ». *Statistical Science* 16, n° 3 (2001): 199-215.

Broca, Sebastien. « Du logiciel libre aux théories de l'intelligence collective ». *tic&société* 2, n° 2 (2008).

Canguilhem, Georges. *Normal et le pathologique (Le)*. Paris: Presses universitaires de France, 2009.

Cardon, Dominique. *À quoi rêvent les algorithmes*. Paris: Seuil, 2015.

Cardon, Dominique, Jean-Philippe Cointet, et Antoine Mazières. « La revanche des neurones: L'invention des machines inductives et la controverse de l'intelligence artificielle ». *Réseaux* n° 211, n° 5 (2018): 173-220.

Carley, M. Kathleen. « Artificial Intelligence within Sociology ». *Sociological Methods & Research* 25, n° 1 (1996): 3-30.

Cassirer, Ernst. *La philosophie des Lumières*. Fayard, 1990.

Castells, Manuel. *La Société En Réseaux: L'ère De L'information*. Paris: Fayard, 1998.

Chauviré, Christiane, et Albert Ogien. *La régularité. Habitude, disposition et savoir-faire dans l'explication de l'action*. Paris: EHSS, 2002.

Clot, Yves, et Pascal Béguin. « L'action située dans le développement de l'activité ». *Activites* 01, n° 2 (2004).

Desrosières, Alain. « La partie pour le tout : comment généraliser ? La préhistoire de la contrainte de représentativité ». *Statistique et analyse des données* 13, n° 2 (1988): 93-112.

———. *Pour une sociologie historique de la quantification. L'argument statistique I*. Sciences sociales. Paris: Presses de l'École des Mines, 2008.

Domingos, Pedro. « The Role of Occam's Razor in Knowledge Discovery ». *Data Mining and Knowledge Discovery* 3, n° 4 (1999): 409-25.

Hubert L. Dreyfus, « Why Computers Must Have Bodies in Order to Be Intelligent », *The Review of Metaphysics* 21, n° 1 (1967): 13-32.

———. *What computers still can't do: a critique of artificial reason*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1992.

Dumont, Fernand. « Idéologies au Canada français, 1900-1929 ». *Les classiques des sciences sociales*, 1974, 1-21.

———. « Présupposés et justifications - La société comme objet et comme interprétation ». In *Génèse de la société québécoise*, 394. Montréal: Boréal, 1993.

Dupuy, Jean-Pierre. « Quand les technologies convergeront ». *Revue du MAUSS* 23, n° 1 (2004): 408-17.

Durkheim, É. *Les règles de la méthode*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1894.

———. *De la division du travail. Livre 1*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1893.

———. *De la division du travail. Livre 2 et 3*. Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales, 1893.

Echeverria, Javier. *La revolución tecnocientífica*. Fondo de cultura económica. Madrid, 2003.

Ekbia, H. R. *Artificial Dreams: The Quest for Non-Biological Intelligence*. 1 edition. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2008.

Eyraud, Corine. *Le capitalisme au coeur de l'Etat : Comptabilité privée et action publique*. Bellecombe-en-Bauges (Rhône-Alpes): Editions du Croquant, 2013.

Ganascia, Jean-Gabriel. *Le mythe de la singularité. Faut-il craindre l'intelligence artificielle ?* Paris: Seuil, 2017.

Gaudet, Stéphanie. « Penser les éthiques de la recherche phronétique : de la procédure à la réflexivité ». *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 95-109.

Goffi, Jean-Yves. *Regards sur les technosciences*. Vrin, 2006.

Granger, Gilles-Gaston « Épistémologie ». In *Encyclopædia Universalis*. Paris, 2016. <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/epistemologie/>.

———. « Modèles Qualitatifs, Modèles Quantitatifs Dans La Connaissance Scientifique ». *Sociologie et Sociétés* 14, n° 1 (1982): 7-13. <https://doi.org/10.7202/006768ar>.

———. « Pour une épistémologie du travail scientifique ». In *La philosophie des sciences aujourd'hui*, 19. Paris: Gauthier-Villars, 1986.

———. « La normativité scientifique ». In *Sociologie et normativité scientifique*, 7, 1999.

———. « Théorie et expérience ». In *Philosopher*, par Jean De la Campagne, 348. Paris: Seuil, 1979.

Granjou, Céline. « L'expertise scientifique à destination politique ». *Cahiers internationaux de sociologie* 114, n° 1 (2003): 175-83.

Granovetter, Mark. « Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness ». *American journal of sociology*, 1985, 481–510.

Grossetti, Michel, et Marie-Pierre Bes. « Dynamiques des réseaux et des cercles. Encastremements et découplages ». *Revue d'économie industrielle* 103, n° 1 (2003): 43-58.

Hajek, Isabelle. « Sociologie, cognition et langage : une méthodologie d'observation ». *Langage et société* 135, n° 1 (2011): 67-85.

Halbwachs, Maurice. *La mémoire collective*. 2e édition. Chicoutimi: Les classiques des sciences sociales, 1950.

———. *Les cadres sociaux de la mémoire*: Berlin, New York: DE GRUYTER MOUTON, 1976.

———. *Morphologie sociale*. Chicoutimi: Les classiques des sciences sociales, 1938.  
<http://www.ssnpstudents.com/wp/wp-content/uploads/2015/02/morphologie.pdf>.

Hamel, Jacques. *Étude de cas et sciences sociales*. Montréal-Paris: L'Harmattan, 1997.

Hazard, Paul Alfred. « A Problem with Wittgenstein's « Family Resemblance » ». *Laval Théologique et Philosophique* 31, n° 3 (1975): 265-91.

Houle, Gilles. « Le sens commun comme forme de connaissance: de l'analyse clinique en sociologie ». *Sociétés* 19, n° 2 (1987).

———. « L'idéologie : un mode de connaissance ». *Sociologie et sociétés* 11, n° 1 (1979): 123-45.

Houle, Gilles, et Luc Racine. « La littérature et le social : remarques sur l'usage de l'analogie ». *Sociologie du Sud-est*, n° 35-36 (1983): 45-64.

Illari, Phyllis McKay, et Jon Williamson. « What Is a Mechanism? Thinking about Mechanisms across the Sciences ». *European Journal for Philosophy of Science* 2, n° 1 (janvier 2012): 119-35.

Jaisson, Marie. « Temps et espace chez Maurice Halbwachs ». *Revue d'Histoire des Sciences Humaines* 1, n° 1 (1999): 163-78.

Joly, Marc, « L'antinomie individu/société dans les sciences humaines et sociales », *Revue européenne des sciences sociales*, 52-1, 193-223.

Laborit, Henri. *Biologie et structure*. Gallimard. Paris, 1968.

Lacroix, Guy. « Cybernétique et société. Norbert Wiener ou les déboires d'une pensée subversive ». *Revue Terminal* 61 (1993): 1-6.

Lafontaine, Céline. *L'empire cybernétique : des machines à penser à la pensée machine : essai*. Paris: Seuil, 2004.

———. *Nanotechnologies et société*. Montréal: Boréal, 2010.

Latouche, Serge. *Le pari de la décroissance*. Fayard. Paris, 2006.

Latour, Bruno, et Steve Woolgar. *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*. Editions La Découverte, 2005.

Laurin, Nicole. « Le démantèlement des institutions intermédiaires de la régulation sociale: Vers une nouvelle forme de domination ». *Sociologie et sociétés* 31, n° 2 (1999): 65-72.

Lazarfeld, Paul F., et Robert K Merton. « Friendship as Social Process : A substantive and Methodological Analysis ». In *Freedom and Control in Modern society*, 326. New York: Octagon Books, 1964.

Le Play, Frédéric, Antoine Savoye, et Frédéric Audren. *Naissance de l'ingénieur social: les ingénieurs des mines et la science sociale au XIXe siècle: Frédéric Le Play et ses élèves*. Paris: Presses des MINES, 2008.

Le Roux, Ronan. « L'impossible constitution d'une théorie générale des machines ? : La cybernétique dans la France des années 1950 ». *Revue de Synthèse* 130, n° 1 (mars 2009): 5-36.

Levy, Pierre. « Le jeu de l'intelligence collective ». *De Boeck Supérieur* 1 (2003): 105-22.

Livet, Pierre. « Cognition et sciences sociales : le paradigme de l'incomplétude ». In *Sociologie et cognition sociale*, par Nicole Ramognino et Pierre Verges, 256. Publications de l'Université de Provence, 2005.

Livet, Pierre, et Frédéric Nef. *Les êtres sociaux. Processus et virtualités*. Paris: Hermann, 2009.

Livet, Pierre, Denis Phan, et Lena Sanders. « Diversité et complémentarité des modèles multi-agents en sciences sociales ». *Revue française de sociologie* 55, n° 4 (2014): 689.

Luhmann, Niklas. *La confiance. Un mécanisme de réduction de la complexité sociale*. Études sociologiques (Economica (Firme)). Paris: Economica, 2006.

Lyotard, Jean-François. *La Condition Postmoderne: Rapport Sur Le Savoir*. Collection Critique. Paris: Éditions de Minuit, 1979.

Machamer, Peter, Lindley Darden, et Carl F. Craver. « Thinking about Mechanisms ». *Philosophy of Science* 67, n° 1 (mars 2000): 1-25.

Manzo, Gianluca. « Potentialités et limites de la simulation multi-agents : une introduction ». *Revue française de sociologie* 55, n° 4 (2014): 653.

Mauss, Marcel. *Essai sur le don: Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques*. Presses Universitaires de France - PUF, 2007.

Mesny, Anne, et Jean-Sébastien Marcoux. « La recherche en gestion et les comités d'éthique : l'épreuve de la pratique ». *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 111-27.

Mondain, Nathalie, et Paul Sabourin. « Présentation: De l'éthique de la recherche à l'éthique dans la recherche ». *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 5-12.

Munck, Jean de. *L'institution sociale de l'esprit : Nouvelles approches de la raison*. Interrogation philosophique. Paris: Presses universitaires de France, 1999.

Namer, Gérard. *Mémoire et société*. Paris: Méridien Klincksieck, 1987.

Nilsson, Nils J. *The Quest for Artificial Intelligence*. New-York: Cambridge University Press, 2010.

Ogien, Albert. *L'esprit gestionnaire*. Paris: École des hautes études en sciences sociales (EHSS), 1995.

Pavé, Francis. *L'illusion informaticienne*. L Harmattan. Paris, 1989.

Popper, Karl R. « Problèmes fondamentaux de la logique de la connaissance ». In *Expériences, théories et méthodes*, par Sandra Laugier et Pierre Wagner, Vol. Tome 1. Philosophie des sciences. Paris: Vrin, 2004.

Quelquejeu, Bernard. « La nature du pouvoir selon Hannah Arendt: Du 'pouvoir-sur' au 'pouvoir-en-commun' ». *Revue des sciences philosophiques et théologiques* TOME 85, n° 3 (2001): 511.

Racine, Luc. « Les Formes élémentaires de la réciprocité ». *L'Homme* 26, n° 99 (1986): 97-118.

Rajan, Kaushik Sunder. *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*. Annotated edition. Durham and London: Duke University Press, 2006.

Ramognino, Nicole. « Le virtuel et sa nécessité dans l'analyse sociologique. Discussion de l'ouvrage d'André Petitat, *Le Réel et le virtuel. Genèse de la compréhension, genèse de l'action*, Genève, Librairie Droz, 2009 ». *SociologieS*, 2012.

———. « Normes sociales, normativités individuelle et collective, normativité de l'action ». *Langage et société* 119, n° 1 (2007): 13-41.

Richard, Sébastien. « Le Nanomonde des chercheurs. Analyse sociologique des pratiques et des discours sur l'instrumentation en nanotechnologies ». Université de Montréal, 2012.

Robillard, Jean. « La modélisation mise à nu par ses niveaux de causalité même ». Montréal, 13 février 2008. <https://sites.google.com/site/jeanrobillard/home>.

Rocheffort-Maranda, Guillaume, Université du Québec à Montréal, et Groupe de recherche en épistémologie comparée. « Logique inductive et probabilités: une analyse de la controverse Popper-Carnap ». *Groupe de Recherche en Épistémologie Comparée, Cahier d'épistémologie*, n° 3 (2003): 1-70.

Rosenblat, Alex. « Algorithmic Labor and Information Asymmetries: A Case Study of Uber's Drivers ». *International Journal of Communication* 10 (2016): 3758-84.

Roy, Patrick, et Abdelkrim Hasni. « Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec ». *McGill Journal of Education* 49, n° 2 (13 avril 2015): 349-71.



Schwartz, Ronald David. 1989. "Artificial Intelligence as a Sociological Phenomenon." *Canadian Journal of Sociology* 14 (2): 179–202.

Sabah, Gérard. *L'intelligence artificielle et le langage*. Langue, raisonnement, calcul. Paris: Hermes, 1988.

Sabourin, Paul. « La régionalisation du social. Une approche de l'étude de cas en sociologie ». *Sociologie et sociétés* 25, n° 2 (1993): 69-91.

———. « Les catégories de l'espace. Vers une ontologie sociologique des espaces sociaux ? » Chapitre de livre. Montréal, QC, 2019.

———. « Les médiations sociales de la production de la connaissance sociologique », 2019.

———. « Perspective sur la mémoire sociale de Maurice Halbwachs ». *Sociologie et sociétés* 29, n° 2 (1997): 139-61.

———. « Sociologie, éthique et politique : Itinéraire d'une éthique dans la recherche pour une coopération sociologique élargie », 2020.

———. « Une éthique de la connaissance sociologique? » *Cahiers de recherche sociologique*, n° 48 (2009): 65-91.

Sadin, Eric. *La vie algorithmique : Critique de la raison numérique*. Paris: Éditions L'Échappée, 2015.

Saunders, Jessica, Priscillia Hunt, et John S. Hollywood. « Predictions Put into Practice: A Quasi-Experimental Evaluation of Chicago's Predictive Policing Pilot ». *Journal of Experimental Criminology* 12, n° 3 (September 2016): 347-71.

Schrödinger, Erwin. *What is life ? The physical Aspect of the Living cell*. Cambridge: Cambridge University Press, 1944.

Schumpeter, Joseph. *Théorie de l'évolution économique. Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture*. Les classiques des sciences sociales. Chicoutimi: Classiques des sciences sociales, 1911.

Séris, Jean-Pierre. *La technique*. Paris: PUF, 1994.

Simon, Herbert Alexander. *The Sciences of the Artificial*. 3e édition. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1968.

———. *The Shape of Automation for Men and Management*. 1ière édition. New-York: Harper TorchBooks, 1965.

Simondon, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Editions Aubier, 2012.

Smyrnaio, Nikolaos. « L'INDUSTRIE DE L'EPHEMERE. Émergence et consolidation de modèles diversifiés de production et de diffusion de l'information en ligne ». Université Stendhal Grenoble 3, 2005.

Solé, Andreu. « Critique de la "complexité" ». CIRET Centre International de Recherches et d'Études Transdisciplinaires, 2004. <http://www.caravancafe-des-arts.com/critique-complexite-CIRET-2004.htm>.

Thom, Rene. *Prédire n'est pas expliquer*. Paris: Editions Flammarion, 1993.

Tricot, Mathieu. *Le moment cybernétique: la constitution de la notion d'information*. Seyssel: Champ Callon, 2008.

Varet-Pietri, Marie-madeleine. *L'ingénierie de la connaissances; la nouvelle « épistémologie appliquée »*. Besançon: Presses universitaires Franc-Comtoises, 2000.

Vayre, Jean-Sébastien. « Les machines apprenantes et la (re)production de la société : les enjeux communicationnels de la socialisation algorithmique ». *Les Enjeux de l'information et de la communication* 19, n° 2 (2018): 93-111.

Vergès, Pierre. « 18. Représentations sociales de l'économie : une forme de connaissance ». In *Les représentations sociales*, par Denise Jodelet, 407, 7<sup>e</sup> éd. Presses Universitaires de France, 2003.

Vergès, Pierre. « Représentations sociales partagées, périphériques, indifférentes, d'une minorité: méthode d'approche ». *Les cahiers internationaux de psychologie sociale*, n° 28 (1995).

Verret, Michel. « Halbwachs u le deuxième âge du durkheimisme ». *Cahiers Internationaux de Sociologie* 53 (1972): 311-36.

Verrier, Philippe. « Valeur d'usage, rapport d'échange et rapport capitaliste dans la théorie de K. Marx. » *Cahiers d'économie politique* 12, n° 1 (1986): 157-74.

Weber, Max. *Economie et societe*. Vol. Tome 1. Agora. Paris: Pocket, 2003.

———. *Le savant et le politique*. Union Générale d'Éditions. Le monde en 10-18. Paris, 1963.  
[http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques\\_des\\_sciences\\_sociales/index.html](http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/index.html).

Wiener, Norbert. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. 2e édition. Cambridge, Mass: MIT Press, 1948.

## **Autres**

AI Now Primers 2016. « The Social Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near-Term ». Conference Workshop. New York: New-York University, White House, s. d.  
[https://ainowinstitute.org/AI\\_Now\\_2016\\_Primers.pdf](https://ainowinstitute.org/AI_Now_2016_Primers.pdf).

Bush, Vannevar. « Science The Endless Frontier ». Office of Scientific research and developement, 1945. <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>.

Bouraoui, Adel. 2009. "Hayek, l'« Ordre Spontané » et La Complexité." *Presses de Sciences PO | Revue Économique* 60 (6): 1335–58.

Chen, Xiaoli, Sünje Dallmeier-Tiessen, Robin Dasler, Sebastian Feger, Pamfilos Fokianos, Jose Benito Gonzalez, Harri Hirvonsalo, et al. « Open Is Not Enough ». *Nature Physics* 15, n° 2 (2019): 113-19.

Corning, Peter A. 2010. "The Re-Emergence of Emergence, and the Causal Role of Synergy in Emergent Evolution." *Synthese* 185 (February): 295–317

Dörr, Konstantin Nicholas. « Mapping the Field of Algorithmic Journalism ». *Digital Journalism* 4, n° 6 (2016): 700-722.

Etchecopar, Philippe. 2011. "Quelques Éléments Sur La Théorie Du Chaos." Colloque ACFAS 2011, Sherbrooke, QC. [www.apsq.org/sautquantique/telechargement/chaos.pdf](http://www.apsq.org/sautquantique/telechargement/chaos.pdf)

Fayon, Didier. « Le discours de l'innovation technologique en médecine régénératrice ». Mémoire de maîtrise. Montréal, 30 avril 2014.

France Culture. « La méthode scientifique ». Paris: France Culture, 12 octobre 2018.

Fiske, Alan. « The Four Elementary Forms of Sociality: Framework for a Unified Theory of Social Relations ». *Psychological Review* 99, n° 4 (1992): 689-723.

Friedman, Batya, et Helen Nissenbaum. « Bias in computer systems.pdf ». *ACM Transactions on Information Systems* 14, n° 3 (1996): 330-47.

Lighthill, James. « Part I Artificial Intelligence A general survey ». Cambridge: Cambridge University, juillet 1972. <http://www.aiai.ed.ac.uk/events/lighthill1973/>.

National Science Foundation, et Department of Commerce. « Converging Technologies for Improving Human Performance ». Washington, 2003.

Nature- Editorial. « Checklist checked ». *Nature* 556 (2018): 273-74.

Neural Information Processing Systems. « NeurIPS | 2019 », 2019. <https://nips.cc/Conferences/2019>.

OCDE. « Perspectives des technologies de l'information de l'OCDE ». Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2006.

Sam Harris. « The Dawn of Artificial Intelligence. A conversation with Stuart Russell. », s. d. <https://samharris.org/podcasts/the-dawn-of-artificial-intelligence1/>.

Sawyer R, Keith. 2002. "Durkheim Dilemma Toward a Sociology of Emergence." *Sociology Theory* 20 (2): 227-47

Tkatchenko, Alexandre. 2020. "Machine Learning for Chemical Discovery." *Nature Communications*, 2020

Villani, Cédric. « Donner un sens à l'Intelligence artificielle. Pour une stratégie nationale européenne ». Mission parlementaire. Paris, 2018. <https://www.vie-publique.fr/rapport/37225-donner-un-sens-lintelligence-artificielle-pour-une-strategie-nation>.

Wertsch, James V. *Recent Trends in Soviet Psycho Linguistics*. White Plains, NY: M.E. Sharpe, 1977

## Articles de journaux

Aizicovici, Francine. « Uber : pour les chauffeurs, l'arrêt de la Cour de cassation « clôt le débat juridique » sur leur statut ». *Le Monde*, 5 mars 2020. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/05/pour-la-cour-de-cassation-les-chauffeurs-d-uber-sont-bien-des-salaries\\_6031916\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/05/pour-la-cour-de-cassation-les-chauffeurs-d-uber-sont-bien-des-salaries_6031916_3234.html).

Auclert, Fabrice. « Cette IA aide à compléter d'anciennes recherches scientifiques ». Futura Tech, 10 juillet 2019. <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/intelligence-artificielle-cette-ia-aide-completer-anciennes-recherches-scientifiques-76805/>.

Barber, Gregory. « Artificial Intelligence confronts reproducibility crisis ». *Wired*, 16 septembre 2019.

Feiner, Lauren. « Twitter bans political ads after Facebook refused to do so ». *CNBC*, 30 octobre 2019. <https://www.cNBC.com/2019/10/30/twitter-bans-political-ads-after-facebook-refused-to-do-so.html>.

Hunt, Elle. 2016. "Tay, Microsoft's AI Chatbot, Gets a Crash Course in Racism from Twitter." *The Guardian*, March 24, 2016. <https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/24/tay-microsofts-ai-chatbot-gets-a-crash-course-in-racism-from-twitter>

La presse canadienne. « Le commissaire à la vie privée présente le « droit à l'oubli » canadien ». *Le Soleil*, 26 janvier 2018. <https://www.lesoleil.com/actualite/le-commissaire-a-la-vie-privée-presente-le-droit-a-loubli-canadien-f99d71bb66f2b17af4f0d25777690689>.

Madrigal, Alexis C. « What Facebook Did to American Democracy And why it was so hard to see it coming ». *The Atlantic*, 12 octobre 2017. <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/10/what-facebook-did/542502/>.

PC Mag. « How Do You Find Malware? Microsoft and Intel Try Converting It Into 2D Images ». PC Magazine, 12 mai 2020. <https://medium.com/pcmag-access/how-do-you-find-malware-microsoft-and-intel-try-converting-it-into-2d-images-11952c74363a>.

Radio-Canada. « Les données mobiles, plus chères au Canada que presque partout ailleurs », 13 août 2020. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1726369/etude-prix-donnees-data-mobile-cellulaire-telephonie-canada-comparaison-mobile-co-uk-pierre-larouche>.

Riché, Pascal. « Enquêtes, sanctions, chantages... Comment les Etats-Unis ciblent les entreprises européennes ». *Le nouvel obs*, 5 octobre 2016. <https://www.nouvelobs.com/economie/20161005.OBS9407/enquetes-sanctions-chantages-comment-les-etats-unis-ciblent-les-entreprises-europeennes.html>

Rifkin Jeremy. « The Rise of the Internet of Things and the Race to a Zero Marginal Cost Society ». *Huffington Post* (blog), 26 octobre 2015. [https://www.huffingtonpost.com/jeremy-rifkin/internet-of-things\\_b\\_8306112.html](https://www.huffingtonpost.com/jeremy-rifkin/internet-of-things_b_8306112.html).

Simon Lewis, Alexandra. “Google Will No Longer Read Your Emails to Personalise Adverts.” *WIRED*, June 26, 2017. Consulté le 25 novembre 2020. <https://www.wired.co.uk/article/google-reading-personal-emails-privacy>.

Université de Montréal. « Investissement majeur pour la recherche en intelligence artificielle ». Université de Montréal, 2016. <http://nouvelles.umontreal.ca/article/2016/09/06/investissement-majeur-pour-la-recherche-en-intelligence-artificielle/>.

## Conférences

Ateliers Sociologia - CIRST. « Intelligence artificielle et impacts sociaux. De quoi parle-t-on ? Retour aux bases ». Montréal, 17 octobre 2019. <https://evenements.uqam.ca/evenements/ateliers-sociologia-intelligence-artificielle-et-impacts-sociaux-de-quoi-parle-t-on-retour-aux-bases/9527>.

Bengio, Yoshua, et Martin Gibert. « Vers un développement responsable de l'IA : Soirée de réflexion autour de la Déclaration de Montréal ». Conférence et discussion, Montréal, 15 février 2018.

Chicoisne, Guillaume. « Les données : pierre angulaire de l'intelligence artificielle ». Présenté à Université populaire, Montréal, 26 mars 2018.

« Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle », 2018. <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/la-declaration>.

Poly- TEA, et Montréal NewTech. « Conférence annuelle Économie et transformation du numérique ». Conférence et discussion, Montreal, 9 février 2018.

Roberge, Jonathan. « IA, Québec et frères inc. Gouvernance, privatisation et science ouverte ». Montréal, 10 avril 2019.

UQAM, et INSA. « Transparence et responsabilité des algorithmes ». Conférence et discussion, Montreal, 14 octobre 2017.

Vadnais, Pierre. « Neuro-cognition synthétique : Les réseaux de neurones sémiotiques autopoïétiques ». Conférence et discussion, Montréal, 11 février 2016.

## Sites Web

Académie française. « Dire, ne pas dire ». Académie française, 2020. Consulté le 23 octobre 2020. <http://www.academie-francaise.fr/implementer>.

« AMSTA 2015 : Agents and Multi Agent Systems: Technologies and Applications 2015 ». Consulté le 13 août 2015. <http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=41558&copyownerid=57950>.

Arte. *Cables sous-marins : la guerre invisible*. Arte, 2018. Consulté le 12 octobre 2020. Youtube.com.

BBC. *The Lighthill debate on Artificial Intelligence: « The general purpose robot is a mirage »*. Vidéo. BBC, 1973. Consulté le 4 juillet 2020. <https://youtu.be/03p2CADwGF8>.

Cable.co.uk. « Worldwide mobile data pricing: The cost of 1GB of mobile data in 228 countries », 2020. Consulté le 20 juin 2020. <https://www.cable.co.uk/mobiles/worldwide-data-pricing/>.

CASOS. « Welcome to Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems (CASOS) ». CASOS, 2015. Consulté le 15 mars 2015. <http://www.casos.cs.cmu.edu/index.php>.

« CASOS: Mission | CASOS ». Consulté le 9 novembre 2015. <http://www.casos.cs.cmu.edu/mission/>.

Ecovacs. « Ecovacs », 2020. Consulté le 10 août 2020. <https://www.ecovacs.com/global/deebot-robotic-vacuum-cleaner>.

Fiske Page, Alan. « Alan Page Fiske, distinguished professor ». UCLA Anthropology, 2020. Consulté le 1<sup>er</sup> octobre 2020. <https://anthro.ucla.edu/faculty/alan-page-fiske>.

Fiske Page, Alan. « Alan Page Fiske, distinguished professor ». UCLA Anthropology, 2020. Consulté le 12 février 2020. <https://anthro.ucla.edu/faculty/alan-page-fiske>.

Gartner. « Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends », 2018. Consulté le 23 octobre 2018. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>.

GECS. « Research Group on Experimental and Computational Sociology (GECS) », 2020. Consulté le 14 mai 2020. <https://gecs.unibs.it/>.

« Github ». Informatique, 2020. Consulté le 10 juin 2020. <https://github.com/>.

Google. « Découvrez l'impact du COVID-19 sur les déplacements des habitants de votre communauté ». Rapport sur la mobilité de la communauté- Covid-19, 2020. Consulté le 5 octobre 2020. <https://www.google.com/covid19/mobility/>.

———. « Google IoT Cloud ». Google Cloud, 2020. Consulté le 4 octobre 2020. <https://cloud.google.com/iot-core?hl=fr>.

———. « Have a conversation with your speaker or display ». Google Nest Help, 2020. Consulté le 5 octobre 2020.



<https://support.google.com/googlenest/answer/7685981?co=GENIE.Platform%3DAndroid&hl=en>.

———. « Towards a Conversational Agent that Can Chat About...Anything ». Google AI Blog, 2020. Consulté le 29 septembre. <https://ai.googleblog.com/2020/01/towards-conversational-agent-that-can.html>.

Harribey, Jean-Marie. « Le développement a-t-il un avenir ? Pour une société solidaire et économe ». Attac, 2009. <http://www.france.attac.org/spip.php?article9665>. Consulté le 25 septembre 2017.

IEEE. « Institute of Electrical and electronics Engineers (IEEE) », 2020. <https://www.ieee.org/>. Consulté le 15 avril 2020.

Intelligent Distributed Computing - IDC. « Call for Papers- 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing - IDC'2014 ». 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing - IDC'2014, 2014. Consulté le 20 février 2015. <http://aida.ii.uam.es/IDC2014/>.

International Data Corporation (IDC). « Internet of Things Ecosystem and Trends ». IDC - Analyse the Future, 2020. Consulté le 12 août 2020 [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC\\_P24793](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P24793).

MILA. Irina Rish. Consulté le 20 novembre 2020. <https://mila.quebec/personne/irina-rish/>

IVADO. « Institut de valorisation des données (IVADO) », 2020. Consulté le 15 avril 2020. <https://ivado.ca/en/>.

Massachusetts Institute of Technology. « Brains, Minds and Machines ». MIT+150, 2011. <https://mit150.mit.edu/symposia/brains-minds-machines.html>. Consulté le 12 mai 2016.

Merriam-Webster. « Machine Learning - Noun ». Merriam-Webster, 2020. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/machine%20learning>. Consulté le 10 janvier 2020.

MILA. « Montreal Institute for Learning Algorithms (MILA) », 2020. Consulté le 14 juillet 2020. <https://mila.umontreal.ca/>.

Microsoft. “Microsoft Privacy Statement.” Microsoft, November 1, 2020. Consulté le 25 novembre 2020. <https://privacy.microsoft.com/en-ca/privacystatement>.

Norvig P. « Peter@Norvig.com », 2020. Consulté le 5 juillet 2020. <https://norvig.com/>.

Pineau, Joëlle. « Joelle Pineau’s Home », 2018. Consulté le 28 septembre 2020. <https://www.cs.mcgill.ca/~jpineau/>.

———. 2020. “The Machine Learning Reproducibility Checklist (v2.0, Apr.7 2020).” McGill University. <https://www.cs.mcgill.ca/~jpineau/ReproducibilityChecklist.pdf>

Québec circulaire. « Québec circulaire », 2020. Consulté le 10 octobre 2020. <https://www.quebeccirculaire.org/>.

Rifkin, Jeremy. « The Foundation on Economic Trends », 2020. Consulté le 30 août 2020. <https://www.foet.org/>.

Russell, Stuart J. « Stuart Russell », 2020. Consulté le 4 mai 2019. <https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/>.

Samsung. « Samsung SmartThings. Add a little smartness to your things ». SmartThings, 2020. Consulté le 20 mars 2020. <https://www.smarthings.com/>.

Skylum. « Luminar ». [www.skylum.com](http://www.skylum.com). Skylum, 2020. Consulté le 3 décembre 2020.

Starlink. « Starlink », 2020. Consulté le 1 octobre 2020. <https://www.starlink.com/>.

Université de Montréal. « Complexe des sciences – campus MIL ». Complexe des sciences – campus MIL, 2020. Consulté le 23 juin 2020. <https://campusmil.umontreal.ca/>.

———. « Département d’informatique et de recherche opérationnelle », 2020. Consulté le 23 juin 2020. <https://diro.umontreal.ca/accueil/>.

UQAM. « Université de Québec à Montréal (UQAM) », 2020. Consulté le 3 mars 2019. <https://uqam.ca/>.

UQÀM. « UQÀM - Département d’informatique - facultés des sciences », 2020. Consulté le 3 mars 2019. <https://info.uqam.ca/>.

« UQÀM- Département d'informatique cognitive », 2020. Consulté le 3 mars 2019. <https://dic.uqam.ca/>.

« Welcome to IJCAI | IJCAI ». Consulté le 5 janvier 2017. <https://ijcai.org/>.

## Articles sur les objets connectés

An, Jian, Xiaolin Gui, Wendong Zhang, and JinHua Jiang. 2011. “Nodes Social Relations Cognition for Mobility-Aware in the Internet of Things.” In *2011 International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, 687–91. Dalian, China: IEEE.

An, Jian, Xiaolin Gui, Wendong Zhang, Jinhua Jiang, and Jianwei Yang. 2013. “Research on Social Relations Cognitive Model of Mobile Nodes in Internet of Things.” *Journal of Network and Computer Applications* 36 (2): 799–810.

Ahmed, Ejaz, et Mubashir Husain Rehmani. « Introduction to the Special Section on Social Collaborative Internet of Things ». *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 382-84.

Alam, Kazi Masudul, Mukesh Saini, et Abdulmotaleb El Saddik. « Toward Social Internet of Vehicles: Concept, Architecture, and Applications ». *IEEE Access* 3 (2015): 343-57.

Atzori, Luigi, et Antonio Iera. « Social Internet of Things: Turning Smart Objects into Social Objects to Boost the IoT ». *IEEE Internet of Things*, novembre 2014.

Atzori, Luigi, Antonio Iera, Giacomo Morabito, et Michele Nitti. « The Social Internet of Things (SIoT) – When Social Networks Meet the Internet of Things: Concept, Architecture and Network Characterization ». *Computer Networks* 56, n° 16 (novembre 2012): 3594-3608.

Chung, Tein-Yaw, Ibrahim Mashal, Osama Alsaryrah, Chih-Hsiang Chang, Tsung-Hsuan Hsu, Pei-Shan Li, and Wen-Hsing Kuo. 2014. “MUL-SWoT: A Social Web of Things Platform for Internet of Things Application Development.” In *2014 IEEE International Conference on Internet of Things (IThings), and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom)*, 296–99. Taipei, Taiwan: IEEE.

Colom, José Francisco, Higinio Mora, David Gil, and María Teresa Signes-Pont. 2017. "Collaborative Building of Behavioural Models Based on Internet of Things." *Computers & Electrical Engineering* 58 (February): 385–96.

Gabbai, Arik. « Kevin Ashton Describes "the Internet of Things" ». *Smithsonian Magazine*, janvier 2015. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>.

Guo, Bin, Daqing Zhang, Zhu Wang, Zhiwen Yu, et Xingshe Zhou. « Opportunistic IoT: Exploring the Harmonious Interaction between Human and the Internet of Things ». *Journal of Network and Computer Applications* 36, n° 6 (novembre 2013): 1531-39.

Harris, Ian G. "Social Engineering Attacks on the Internet of Things." *IEEE- Internet of Things - News Letter*, 2016

Holmquist, Lars Erik, Friedemann Mattern, Bernt Schiele, Petteri Alahuhta, Michael Beigl, et Hans-W. Gellersen. « Smart-Its Friends: A Technique for Users to Easily Establish Connections between Smart Artefacts ». In *UbiComp 2001: Ubiquitous Computing*, édité par Gregory D. Abowd, Barry Brumitt, et Steven Shafer, 2201:116-22. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001.

Hussein, Dina, Son N. Han, Gyu Myoung Lee, Noel Crespi, et Emmanuel Bertin. « Towards a Dynamic Discovery of Smart Services in the Social Internet of Things ». *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 429-43.

Kasnesis, Panagiotis, Charalampos Z. Patrikakis, Dimitris Kogias, Lazaros Toumanidis, et Iakovos S. Venieris. « Cognitive Friendship and Goal Management for the Social IoT ». *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 412-28.

Khan, Wazir Zada, Mohammed Y Aalsalem, Muhammad Khurram Khan, et Quratulain Arshad. « When Social Objects Collaborate: Concepts, Processing Elements, Attacks and Challenges ». *Computers & Electrical Engineering* 58 (février 2017): 397-411.

Manate, Bogdan, Teodor-Florin Fortis, et Viorel Negru. « Infrastructure Management Support in a Multi-Agent Architecture for Internet of Things ». In *2014 European Modelling Symposium*, 372-77. Pisa, Italy: IEEE, 2014.

Rho, Seungmin, et Yu Chen. « Social Internet of Things: Applications, Architectures and Protocols ». *Future Generation Computer Systems* 82 (mai 2018): 667-68.

Shamszaman, Zia Ush, et Muhammad Intizar Ali. « Toward a Smart Society Through Semantic Virtual-Object Enabled Real-Time Management Framework in the Social Internet of Things ». *IEEE Internet of Things Journal* 5, n° 4 (août 2018): 2572-79.

Zhang, Huijuan, et Yuji Shen. « A Sociology-Based Interaction Relationship Model in IoT ». In *2014 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing*, 514-18. Shanghai, China: IEEE, 2014.

### **Articles et livres sur l'intelligence artificielle**

Amigoni, F., A. Brandolini, G. D'Antona, R. Ottoboni, et M. Somalvico. « Artificial Intelligence in Science of Measurements: From Measurement Instruments to Perceptive Agencies ». *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 52, n° 3 (juin 2003): 716-23. <https://doi.org/10.1109/TIM.2003.814694>.

Baesens, Bart, Stijn Viaene, Dirk Van den Poel, Jan Vanthienen, et Guido Dedene. « Bayesian Neural Network Learning for Repeat Purchase Modelling in Direct Marketing ». *European Journal of Operational Research* 138, n° 1 (2002): 191-211. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00129-1).

De jong, Kenneth. « Apprentissage à partir d'algorithmes génétiques ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

Falkenhainer, B., et R.S. Michalski. « Découverte quantitative et qualitative dans le système Abacus ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y.

Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

Ganascia, Jean-Gabriel. « Commentaires sur “Explications, apprentissage automatique et créativité” ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l’intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

Goodfellow, Ian, Joshua Bengio, et Aaron Courville. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press Book, 2016. <http://www.deeplearningbook.org/>.

Hinton, Geoffrey. « Les procédures d’apprentissage connexionnistes ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l’intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

EduLib. « IVADO. IA 101- Introduction à l’apprentissage profond ». Éducation, 2018. <https://cours.edulib.org/courses/course-v1:IVADO+IA-101+P2018/about>.

Kodratoff, Y., et R.S. Michalski. « La recherche en apprentissage symbolique automatique : développements récents, classification des méthodes et perspectives ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l’intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

Kodratoff, Yves, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell. *Apprentissage symbolique. Une approche de l’intelligence artificielle*. Vol. 1. 2 vol. Toulouse: Cépaduès-Éditions, 1993.

———. *Apprentissage symbolique. Une approche de l’intelligence artificielle*. Vol. 2. 2 vol. Toulouse: Cépaduès-Éditions, 1993.

Larochelle, Hugo. « Hugo Larochelle ». Diffusions de vidéos. Youtube, 2014. [https://www.youtube.com/channel/UCiDouKcxRmAdc5OeZdiRwAg?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCiDouKcxRmAdc5OeZdiRwAg?view_as=subscriber).

Lecun, Yann. « A New Publishing Model in Computer Science ». A New Publishing Model in Computer Science, 2004. <http://yann.lecun.com/ex/pamphlets/publishing-models.html>.

Lecun, Yann, Yoshua Bengio, et Geoffrey Hinton. « Deep Learning ». *Nature* 521 (2015): 436-44.

Li, Aoxue, Tiange Luo, Zhiwu Lu, Tao Xiang, et Liwei Wang. « Large-Scale Few-Shot Learning: Knowledge Transfer With Class Hierarchy ». In *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 7205-13. Long Beach, CA, USA: IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00738>.

Mitchell, Margaret, Simone Wu, Andrew Zaldivar, Parker Barnes, Lucy Vasserman, Ben Hutchinson, Elena Spitzer, Inioluwa Deborah Raji, et Timnit Gebru. « Model Cards for Model Reporting ». *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency - FAT\* '19*, 2019, 220-29. <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>.

MOOC. « Massive Open Online Courses (MOOCs) », 2020. <https://www.mooc.org/>.

Norvig, Peter. « On Chomsky and the Two Cultures of Statistical Learning », 2011. <http://norvig.com/chomsky.html>.

———. « On Chomsky and the Two Cultures of Statistical Learning ». In *Berechenbarkeit Der Welt?*, édité par Wolfgang Pietsch, Jörg Wernecke, et Maximilian Ott, 61-83. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-12153-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-12153-2_3).

Open AI. « Emergent Tool Use from Multi-Agent Interaction ». Open AI, 17 septembre 2019. <https://openai.com/blog/emergent-tool-use/>.

OpenAI. « Introducing OpenAI ». Open AI, 2016. <https://openai.com/blog/introducing-openai/>.

Russell, Stuart J., et Peter Norvig. *Artificial intelligence: a modern approach*. 2e édition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.

———. *Artificial intelligence: a modern approach*. 3e édition. Prentice Hall series in artificial intelligence. Upper Saddle River: Pearson, 2010.

Schank, Roger, et Alex Kass. « Explications, apprentissage automatique et créativité ». In *Apprentissage symbolique : une approche de l'intelligence artificielle*, par Y. Kodratoff, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, et T.M. Mitchell, Vol. Tome 2. Toulouse: Cépadues-Editions, 1993.

Wang, Yaqing, Quanming Yao, James Kwok, et Lionel M. Ni. « Generalizing from a Few Examples: A Survey on Few-Shot Learning ». *ACM Comput. Serv.* 1, n° 1 (29 mars 2020): 1-34.

Yu, Run, PingSun Leung, et Paul Bienfang. « Predicting Shrimp Growth: Artificial Neural Network versus Nonlinear Regression Models ». *Aquacultural Engineering* 34, n° 1 (2006): 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.03.003>.

## Articles sur la programmation par agents

Boella, Guido, Leendert van der Torre, et Harko Verhagen. « Introduction to Normative Multiagent Systems ». *Computational & Mathematical Organization Theory* 12, n° 2-3 (octobre 2006): 71-79. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-9537-7>.

Busoniu, L., R. Babuska, et B. De Schutter. « A Comprehensive Survey of Multiagent Reinforcement Learning ». *IEEE, Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38, n° 2 (2008): 156-72. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2007.913919>.

Carter, Jonathan, Elijah Bitting, et Ali A. Ghorbani. « Reputation Formalization for an Information-Sharing Multi-Agent System ». *Computational Intelligence* 18, n° 4 (novembre 2002): 515-34. <https://doi.org/10.1111/1467-8640.t01-1-00201>.

Del Val, E, M. Rebollo, et V. Botti. « Enhancing Decentralized Service Discovery in Open Service-Oriented Multi-Agent Systems ». *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 28, n° 1 (janvier 2014): 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10458-012-9210-0>.

Drogoul, Alexis, Diane Vanbergue, et Thomas Meurisse. « Multi-agent based simulation: Where are the agents? » In *Multi-agent-based simulation II*, 1–15. Springer, 2003. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36483-8\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36483-8_1).

Foner, Leonard. « What is An Agent, Anyway ? A Sociological Case Study ». Cambridge, 1993. <https://bella.media.mit.edu/people/foner/>.

Fuentes, Rubén, Jorge J. Gómez-Sanz, et Juan Pavón. « A Sociological Framework for Multi-agent Systems Validation and Verification ». In *Conceptual Modeling for Advanced Application Domains: ER 2004 Workshops CoMoGIS, CoMWIM, ECDM, CoMoA, DGOV, and eCOMO, Shanghai, China, November 8-12, 2004. Proceedings*, édité par Shan Wang, Katsumi Tanaka, Shuigeng Zhou, Tok-



Wang Ling, Jihong Guan, Dong-qing Yang, Fabio Grandi, Eleni E. Mangina, Il-Yeol Song, et Heinrich C. Mayr, 458-69. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30466-1\\_42](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30466-1_42).

Reese Hedberg, Sara. « Intelligent Agents: The First Harvest of Softbots Looks Promising » 10 (1995): 6-9.

## Articles et livres sur la modélisation par agents

Adamatti, Dian Francisca, Graçaliz Pereira Dimuro, et Helder Cohelo. *Interdisciplinary Applications of Agent-Based Social Simulation and Modeling*. Hershey: IGI Global, 2014.

Castelfranchi, Cristiano. « Making Visible The Invisible Hand ». In *Interdisciplinary Applications of Agent-Based Social Simulation and Modeling*. Hershey: IGI Global, 2014.

Drogoul, Alexis, et Jacques Ferber. « Multi-agent simulation as a tool for modeling societies: Application to social differentiation in ant colonies ». In *Artificial Social Systems*, 2–23. Berlin: Springer, 1994. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-58266-5\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-58266-5_1).

Epstein, Joshua M., et Robert Axtell. *Growing Artificial Societies : Social Sciences from the Bottom-Up*. Washington DC: Brookings Institution Press, 1996.

Fisher, Klaus, Michael Florian, et Thomas Malsch. *Socionics: Scalability of Complex Social Systems*. 2005 edition. Berlin ; New York: Springer, 2006.

JASSS. « Journal of Artificial Societies and Social Simulation ». *Journal of Artificial Society and Social Simulation*, 2016. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>.

Malsch, Thomas, et Ingo Chulz-Schaeffer. « Socionics: Sociological Concepts for Social Systems of Artificial (and Human) Agents ». *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 10, n° 1 (2007): 1-11.

Squazzoni, Flaminio. *Agent-Based Computational Sociology*. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

## Informatique

Cartwright, Robert, Rebecca Parsons, et Moez AbdelGawad. « Domain Theory: An Introduction ». *ArXiv*, 2016, 90.

## Livres et articles du tableau (chapitre 2) non cités ailleurs

Babinet, Gilles. 2015. *Big Data, penser l'homme et le monde autrement*. Paris: Le Passeur éditeur.

Besnier, Jean-Michel. 2011. "Les nouvelles technologies vont-elles reinventer l'homme ?" *S.E.R. / Études* 6 (414): 763–72.

Gras, Alain. 2010. "L'évaluation du fait technique, une métaphysique pour l'hypersauvage contemporain." *Cahiers internationaux de sociologie* 128–129 (1): 285-297

Guillerme, Jacques, and Jan Sebestik. 1966. "Les Commencements de La Technologie." *Documents Pour l'histoire Des Techniques*, no. 14 (2007): 1–75.

Institut Montaigne. 2015. "Big Data et Objets Connectés. Faire de La France Un Champion de La Révolution Numérique." Paris. <https://www.institutmontaigne.org/publications/big-data-et-objets-connectes-faire-de-la-france-un-champion-de-la-revolution-numerique>.

National Science and Technology Council, Networking and Information Technology, and Research and Development Subcommittee. 2016. "The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan." Washington DC: Executive Office of the president of the United States. [https://www.nitrd.gov/pubs/national\\_ai\\_rd\\_strategic\\_plan.pdf](https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf).

Shannon, Claude. 1948. "A Mathematical Theory of Communication." *The Bell System Technical Journal* 27: 379–423, 623–56.

Vérin, Hélène. 2014. *La Gloire Des Ingénieurs : L'intelligence Technique Du XVIe Au XVIIIe Siècle*. Paris: Albin Michel.

# Annexes

## Annexe 1. Maquette d'entretien

### 1re partie: 4 dimensions

#### Sur quoi travaillez-vous et qu'est-ce qui vous amener à vous y intéresser ?

*Objectif: son parcours*

- Itinéraire dans son milieu social; formation; itinéraire si intérêts ailleurs: comment on en arrive à l'IA ? Expériences professionnelles et expérience ordinaire).
- Sur quoi travaille le chercheur ?

*(voir notamment s'il se définit quand applicable comme un informaticien ou un statisticien)*

#### En quoi votre travail est-il lié ou non à l'IA, pouvez-vous dire que vos travaux relèvent de l'IA?

*Objectif: circonscrire le domaine*

- Ce qui en fait partie, ce qui en est exclu et pourquoi
- Évolution au cours du temps de la conception de l'IA chez le chercheur.

*(Liens entre des mots clefs tels que connaissance, intelligence, mémoire, incertitude et apprentissage)*

*Questions supplémentaires s'il n'y a pas répondu ou pour relancer l'entretien*

#### Lexique

- Programmez-vous (codage) ou utilisez-vous des algorithmes existants et pouvez-vous dire qu'ils relèvent de l'IA ?
- Si oui, en quoi un informaticien qui dit écrire ou utiliser des algorithmes relevant de l'IA se distingue-t-il des autres informaticiens ? (en référence à ce que l'on appelle le « génie logiciel » et le produit final « logiciel » sachant que je n'ai jamais vu l'expression logiciel d'IA) ?
- Qu'est-ce que l'apprentissage et y a-t-il selon vous un consensus sur ce qu'est l'apprentissage et sinon, pourquoi ?
- Qu'en est-il de la notion d'incertitude (uncertainty) dans votre recherche ?
- Qu'en est-il de la prédiction ?
- Est-ce que vos travaux relèvent de la modélisation ou de la simulation ?
- Les divers textes réunis par Kodratoff (tome 1 et 2 1993) parlent d'« Apprentissage symbolique automatique ». Qu'en est-il des autres IA dites neuronales, génétiques ou distribuées: parle-t-on du même apprentissage ?

- Que signifie le mot « generative » en anglais et utilisé aussi bien pour les SMA que pour l'IA neuronale dans une expression telle que « Generative Modelling » ?
- Pouvez-vous dire que vous travaillez sur une intelligence dite « distribuée » ou parfois dénommée « collective » (voir Norvig et Russell 2010) ?
- À quelle « profondeur » renvoie l'expression « Deep Learning » ?

Ce qui est en fait partie, ce qui est exclu et pourquoi

- Comment situez-vous les objets connectés par rapport à la question de l'apprentissage ?

Place du langage

- Faites-vous appel aux recherches en linguistique (ex. NLP ou Natural Language processing) ?

Place du sens

- La question du sens: est-ce que dans votre travail vous vous en préoccupez ? (sémantique formelle)

### **Comment travaille-t-on dans votre domaine ?**

*Objectif: au quotidien, personnes, outils, lieux, savoirs, conférences, enseignement, discussions avec les collègues, le financement, les rapports avec le secteur privé, choix des sujets de recherche, exigences de formations ou d'expérience pour commencer une maîtrise et doctorat, etc.*

*(« La vie de laboratoire » et hors laboratoire, capter les médiations de la connaissance de l'IA; conception opératoire de la connaissance)*

*Questions supplémentaires si il n'y a pas répondu:*

- Comment vous a-t-on recruté ?
- Faites-vous appel à d'autres savoirs que votre domaine de formation qui alimente votre recherche ?
- Êtes-vous nombreux à travailler dans votre domaine ?
- La formation nécessaire. Y a-t-il une différence entre ceux qui sont ingénieurs et ceux qui ne le sont pas ?
- Choix des sujets de recherches: qui les choisit, comment ?
- Travaillez-vous seul ou en équipe ? Si oui, sa composition ?
- La place des ingénieurs ?
- Collaboration, partage dans la conception des algorithmes ?
- Y a-t-il des algorithmes plus populaires que les autres et pourquoi ?

- Quelle est l'importance de l'enseignement dans votre travail (ex. contribution à des idées) ?
- Financement de vos travaux (subvention, etc.) ?
- Pour les besoins de financement, mentionnez-vous que vos travaux sont rattachés à l'IA ?
- La publication: son importance, écrivez-vous seul ou à plusieurs ?
- Les conférences: importance, où se déroulent-elles, langues utilisées ?
- On parle de l'IA dans les médias depuis quelque temps: est-ce cela a un impact sur votre travail (financement, contenu, collaboration, etc.) ?

### **Comment situeriez-vous le Big Data par rapport à votre domaine ?**

*Questions supplémentaires si il n'y a pas répondu:*

- Faites-vous une différence entre le « Big Data » et le « Thick data » ?
- Faites-vous une distinction entre connaissance, données et information dans vos recherches ?
- Quelles sont les sources de vos données (« data sets ») ?

### **2e partie**

*Objectif: le cas échéant, éclaircir des notions centrales (selon ce qui a été dit, revenir sur les contenus d'expérience liés aux notions de connaissance, d'intelligence, de mémoire, d'incertitude et d'apprentissage).*

- *Incertain*
- *Cold start, Zero semantic commitment, apprentissage supervisé, apprentissage automatique*

### **3e partie: en conclusion**

#### **Quel avenir voyez-vous à votre domaine et vos travaux en particulier ?**

*Objectif: débouchés, enjeux, ses réponses à ceux qui y voient des limites (ex. « boîte noire »)*

### **4e partie: conclusion**

À la fin, je fais un résumé des propos du chercheur.

Ajouter les questions suivantes

- Au final, pour vous l'IA c'est quoi ? (Reconstruction réflexive de la connaissance)

*Questions supplémentaires s'il n'y a pas répondu:*

- Est-ce que les milieux que vous fréquentez ont une vision différente de la vôtre ?

## Annexe 2. Courriel d'introduction pour contacter les chercheurs

Objet: Entretien.

(Madame ou Monsieur)

Je suis Didier Fayon, doctorant au département de sociologie de l'Université de Montréal.

Dans le cadre d'une sociologie des sciences et des techniques, je m'intéresse entre autres choses à X<sup>766</sup> en lien avec les diverses formes d'intelligences artificielles. Ma thèse est financée par le FRQSC et a obtenu le certificat d'éthique numéro CERAS-2016-17-290-D.

À partir d'entretiens avec une quinzaine de chercheurs<sup>767</sup>, je me questionne sur leur objet de recherche à travers leurs travaux et le milieu professionnel dans lequel ils exercent (financement, publications, formation, sélection des sujets de recherche et des étudiants, etc.). **Je tiens à préciser qu'il ne s'agit PAS d'une démarche journalistique de prospective sur l'IA.**

Aussi, je me demandais si vous seriez disposé à m'accorder une entrevue d'une heure trente environ au courant du mois de juin. Bien entendu, l'entretien demeure confidentiel conformément aux normes en vigueur pour une telle recherche et stipulées par le certificat susmentionné.

Je vous remercie.

Bonne journée.

---

<sup>766</sup> En fonction de la spécialisation du chercheur (ex. robotique, linguistique, mathématiques, traitement automatisé des données, etc.)

<sup>767</sup> Au final, ceux seront neuf entretiens.

### Annexe 3. Conférences

Type	Exemple	Conférences
Économie collaborative, partage	Présentation de Ouishare, invité par le laboratoire d'économie collaborative de l'Université de Montréal. 15 déc. 2016.	Conférences organisées par L'EDDEC à l'Université de Montréal
IoT	L'internet des objets : opportunités et risques. François Coallier. 7 mars 2016.	« Les soirées des cycles supérieurs » de l'École de technologie supérieure « (ETS)
Big Data : enjeux techniques	« Fixing our opaque, Fragmented and Disparate Big Data ». 2 nov. 2016.	Présentations organisées par le Département d'informatique et de recherche opérationnelle (Université de Montréal)
Sciences cognitives	Présentation du laboratoire de neurosciences éducationnelles par Julien Mercier. 17 février 2017.	Organisée par l'institut des sciences cognitives de l'UQAM.
Sciences cognitives : travaux en IA	« Neurocognition synthétique : les réseaux de neurones sémiotiques autopoïtiques » Pierre Vadnais. 11 févr. 2016.	Présentations de travaux de chercheurs et étudiants organisées par le département d'informatique cognitive de l'UQAM.
IA : la question de la singularité	« Intelligence artificielle : danger réel ? ». Jean Pierre Béland, Joshua Bengio, Antoine Robitaille, Charles-Étienne Daniel. 29 oct. 2015	UQAM
Agents : modélisation et simulation	« L'appariement automatique de schémas comme système complexe	Séminaires du LATECE (Laboratoire de recherche sur les

	adaptatif : une résolution par émergence basée sur la modélisation et la simulation à base d'agents ». Hicham Assoudi. 23 mars 2016.	technologies du commerce électronique »
Agents : génie logiciel	« Une approche multiagents du framework de développement d'applications d'internet des objets ». Patrick Pierre. 4 avr. 2018.	Présentations de travaux de chercheurs et étudiants organisées par le département d'informatique cognitive de l'UQAM
Ehumanities	« Digital Humanities : How can NLP solve an age old Question ? ». Emad Mohamed. 02 févr.. 2017.	UQAM
Captation : habitats intelligents	« Identification des utilisateurs dans un habitat intelligent ». Rachid Kadouche. 9 fév. 2017.	Présentations de travaux de chercheurs et étudiants organisées par le département d'informatique de l'UQAM.
Approche neuronale : réseaux de neurones	« Apprentissage profond et cognition ». Yoshua Bengio. 30 mars 2017.	Présentations de travaux de chercheurs et étudiants organisées par le département d'informatique de l'UQAM.
Big Data : applications dans le domaine de la recherche	« Méthodes et stratégies de gestion de l'information par les organisations : des "big data" aux "thick data" ». Plusieurs conférenciers. 11 mai 2017.	Colloque de L'ACFAS 2017.
Sciences : épistémologie	« Réflexions et propositions épistémologiques ». Plusieurs conférenciers. 11 mai 2017.	Colloque de l'ACFAS 2017.
Big Data et IA	« 2 <sup>e</sup> colloque sur le Web sémantique : à l'intersection du Web	Colloque de l'ACFAS 2017.



	des données et de l'intelligence artificielle ». Plusieurs conférenciers. 11 mai 2017.	
IA et travail	« Is AI coming for Your Job ? ». Yann Lecun, Matissa Hollister. 11 octobre 2017.	New York University, Mc Gill University.
Algorithmes : enjeux sociaux	« Transparence et responsabilité des algorithmes ». Plusieurs conférenciers. 14 oct. 2017.	UQAM.
Algorithmes : enjeux politiques	« Power-Biased systemic change : technological change and political economy ». Yochoï Benkler, Harvard School. 2 nov. 2017.	Les fonds de recherche du Québec et l'Université de Montréal
Algorithmes : transparence	« Algorithmes : quelles sont nos obligations de rendre des comptes ? ». Panel. 2 nov. 2017.	Les fonds de recherche du Québec et l'Université de Montréal
IA et éthique	« Vers un développement responsable de L'IA : Soirée de réflexion autour de la déclaration de Montréal ». Panel. 15 fév. 2018.	UQAM : sciences humaines, science politique et droit, sciences.
Recherche « scientifique » en informatique	« Comment faire de la recherche scientifique ? ». Wessam Ajib. 14 mars 2018.	Séminaires du LATECE (Laboratoire de recherche sur les technologies du commerce électronique »

# Annexe 4. Exemple de statistiques

Le 5 octobre 2020.

The screenshot shows the Google COVID-19 tracker interface for Canada. It includes a search bar with the query 'google covid 19 tracker', navigation tabs for 'Tous', 'Images', 'Maps', 'Shopping', 'Vidéos', 'Plus', 'Paramètres', and 'Outils'. The main content area is titled 'Coronavirus disease' and features a 'Daily change' line graph showing new cases from April to September. A 'Cases overview' section provides a table of total cases, recoveries, and deaths for Quebec, Ontario, Montreal, Toronto, and Alberta. A 'Map of cases (last 14 days)' is also visible on the right side.

**Daily change**

New cases: **1,797** (02 octobre)

**Cases overview**

Location	Cases	Recovered	Deaths
<b>Quebec</b>	<b>79,650</b> +1,079	<b>66,180</b>	<b>5,884</b> +11
Ontario	54,814	46,360	2,980
Montreal	35,526 +344	-	-
Toronto	19,593	16,329	1,181
Alberta	18,357	16,527	272

**Worldwide**

Total cases	Recovered
<b>35,274,475</b>	<b>24,511,111</b>

**Coronavirus disease (COVID-19)**  
a newly discovered coronavirus.

Most people who fall sick with COVID-19 have moderate symptoms and recover.

**HOW IT SPREADS**

The virus that causes COVID-19 is spread through droplets generated when an infected person coughs, sneezes, or exhales. These droplets are too large to remain suspended in the air for long. They generally fall on floors or surfaces.

https://www.google.com/search?hl=fr&everf=A1akK01N5r1uQkVBRW41enAP1Ch7ive%3A1601024251154&ei=m2v7Y...CCha0uMPmPODMA&oeq... 1/3

## Statistiques sur le coronavirus (COVID-19)

### À propos de ces données

#### La situation évolue rapidement

Ces données évoluent rapidement et peuvent ne pas tenir compte de certains cas encore en cours de signalement.

#### Les cas confirmés et les cas probables sont inclus

Les totaux incluent les cas confirmés et les cas probables dans certains lieux. Les cas probables sont identifiés par des instances de santé publique sur la base de critères développés par des autorités administratives. Il est possible que vous ne voyiez aucune information pour certaines régions, si les pays concernés n'ont pas publié leurs données ou ne l'ont pas fait récemment.

#### Données issues de Wikipédia et d'autres sources faisant autorité

Les données proviennent de sources telles que [Wikipédia](#), différents ministères de la Santé, le New York Times et d'autres sources faisant autorité susceptibles d'être ajoutées et mentionnées conformément aux règles d'attribution. Le nombre de cas est actualisé en permanence à partir de différentes sources dans le monde. Des rapports faisant le point sur la situation au jour le jour sont également disponibles sur le [site de l'Organisation mondiale de la Santé](#).

#### Pourquoi les données varient-elles en fonction de la source ?

Les sources de données sur le coronavirus sont multiples. Elles ne sont pas toutes actualisées au même moment et ne suivent pas toutes la même procédure pour collecter des informations.

 Donnez-nous votre avis sur cet article

---

Ces informations vous-ont-elles été utiles ?

Oui

Non