

Université de Montréal

**Vers une vision systémique du processus de l'explication**  
**Récit d'une recherche sur l'intégration de la pédagogie, de l'ingénierie**  
**et de la modélisation**

par

Ioan Rosca

Études en éducation et en administration de l'éducation  
Section de Technologie Éducationnelle

Faculté des sciences de l'éducation

Philosophiae doctor (Ph.D. en technologie éducationnelle)

Juillet 1999

© Ioan Rosca



Université de Montréal

Faculté des sciences de l'éducation

Cette thèse intitulée :

Vers une vision systémique du processus de l'explication

Récit d'une recherche sur l'intégration de la pédagogie, de l'ingénierie et de la modélisation

présentée par :

Ioan Rosca

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Max Giardina

Jan Gecsei

André Morin

Gaston Pineau

Thèse acceptée le : 08.09.99

Université de Montréal

## Sommaire

Le phénomène complexe de l'explication est observé par les prismes différents d'une multitude de disciplines. Ils engendrent des descriptions variées, formant un espace explicatif hétérogène. Le but initial de cette étude a été *l'intégration systémique de ces explications* éparpillées. Ma tentative de concevoir un modèle exhaustif, univoque, homogène et convergent s'est heurtée à des obstacles. L'analyse de ces difficultés a généré des considérations intéressantes pour le *problème de l'explication de l'explication*. La synthèse de ces observations m'a conduit à la formulation d'un *programme pour une nouvelle discipline* qui serait dédiée à la compréhension et à la description du processus explicatif.

Le problème de la fusion d'un ensemble de modèles matérialisés par diverses sciences est lié à un problème de gnoséologie: comment on obtient une image holographique, multidimensionnelle, multidisciplinaire du phénomène explicatif, *à l'intérieur d'un espace cognitif individuel?* Pour répondre à cette question, j'ai exploité et exploré mes postures variées d'observateur, en me "décomposant" en un ingénieur, un pédagogue et un théoricien.

La rencontre et l'interférence de ces expériences dans une unique personnalité sont poursuivies par introspection. La narration typique de l'usage du récit permet la fusion des trois témoignages et reflète progressivement l'image du phénomène dans le miroir de ma conscience. L'ingénieur raconte la recherche de l'optimisation des instruments et des systèmes explicatifs. Le pédagogue décrit la recherche du perfectionnement de l'explication et plaide pour la résonance explicative. Le théoricien décrit l'essai de synthèse et plaide pour le caractère dynamique, multipolaire et systémique du phénomène explicatif. Ces discours interfèrent et proposent des formules pédagogiques, théoriques et techniques pour contribuer à une science de l'explication émergente.

L'absence d'une telle science qui a rendu difficile l'encadrement exact de la recherche, m'a obligé à un traitement éclectique et m'a déterminé d'introduire parfois de nouveaux termes, pour nommer certaines situations typiques des processus explicatifs. L'intégration des discours m'a posé des problèmes ardu de composition. La méthodologie de la rédaction de la thèse, perçue comme un acte explicatif, a été continuellement corrélée avec la méditation sur l'explication. Dans cette étude circulaire sur l'explication de l'explication, la méthode et le sujet de l'étude se superposent.

## Remerciements

Mes remerciements vont en tout premier lieu à mon directeur, André Morin. Sans son appui constant, nos échanges continus et ses encouragements, cette thèse n'aurait pu voir le jour.

Je fus aussi inspiré par d'autres professeurs, entre autres Jan Gecsei, Max Giardina, Liviu Goras, Adrian et Vasile Corduneanu, Ioan Zenembisi, et Vasile Tofan et de nombreux auteurs qui m'ont offert leurs idées et m'ont expliqué l'explication et le sens des choses.

Durant la rédaction de ma thèse, j'ai bénéficié de l'aide précieuse des personnes suivantes: Pierrette Cardinal, Adrian et Gina Vasiliu, Pierre Veron et Suzanne Lefebvre. Je leur en suis reconnaissant.

Je voudrais enfin souligner le soutien indéfectible de ma famille durant toutes ces années consacrées à mes études. Merci à vous, Val, Marie, Livia et Mircea.

En terminant, je ne peux passer sous silence l'apport de tous ceux qui, comme Calin Nemes, m'ont permis de créer en toute liberté, en offrant leur vie en 1989...

# Table des matières – 1

Prologue .....	1
Partie A : Témoignage d'un observateur .....	11
Chapitre A1: Un élève consentant .....	12
Chapitre A2: Un étudiant critique .....	20
Chapitre A3: Un intégrateur d'expériences .....	27
Chapitre A4: Un professeur de mathématiques .....	31
Chapitre A5: Un lecteur-compositeur .....	42
Chapitre A6: Un formateur et ingénieur de systèmes d'instruction .....	51
Chapitre A7: Un militant .....	64
Partie B : Témoignage d'un expérimentateur .....	76
Chapitre B1: Introduction à la problématique .....	77
Chapitre B2: Le projet " Multimédia métamorphique " .....	82
Chapitre B3: Le projet " Stéréo-explication " .....	91
Chapitre B4: Le projet " Métadémonstrateur " .....	97
Chapitre B5: Le projet "Instruction à triple contrôle" .....	106
Chapitre B6: Les projets " TaxiNet " et " StereoTutor " .....	113
Chapitre B7: Spécifications pour la synthèse d'un instrument virtuel .....	126
Partie C: Témoignage d'un modélisateur .....	138
Chapitre C1: Première étape de la modélisation.....	
- essai sur les bases théoriques de la technologie de l'éducation - .....	139
Chapitre C2: Essai sur la physiologie du discours : .....	
- la structure et le processus, le curriculum et le discours, la sérialité et le parallélisme, la stéréo-présentation- .	149
Chapitre C3: Essai sur la physiologie du dialogue .....	
- la résonance, la communication, la synchronisation-.....	164
Chapitre C4: Deuxième étape de la modélisation.....	
- essai sur les sources et les difficultés de la modélisation pluridisciplinaire de l'explication-.....	179
Chapitre C5:Essai sur la morphologie de l'explication: .....	
- des cartes avec les acteurs et les sous-systèmes-.....	187
Chapitre C6: Essai sur la physiologie de l'explication: .....	
- une carte de la problématique - .....	198
Chapitre C7: La troisième étape de la modélisation .....	
- essai sur la récursivité et la complexité de l'explication de l'explication- .....	209
Chapitre C8: Essai sur la modélisation des démonstrations informatisées .....	220
Chapitre C9: Essai sur l'étude de l'explication.....	237
- un programme pour une nouvelle discipline-.....	
Épilogue .....	249
ANNEXES .....	255
ANNEXE I: Vocabulaire spécial utilisé .....	256
ANNEXE II: Sommaire des difficultés de modélisation.....	257
ANNEXE III: Observations sur la coopération démonstrative : négociation et métamorphose.....	261
Bibliographie.....	266

## Table des matières – 2

Prologue .....	1
Un pédagogue.....	2
Un théoricien.....	3
Un ingénieur.....	4
L'interférence.....	5
Les pôles d'intérêt.....	5
Les méthodes de recherche.....	6
Les types de regard.....	6
Les mécanismes du discours.....	7
Les postures de la lecture.....	8
Les couches de présentation.....	8
Le point sur l'ensemble.....	10
Partie A : Témoignage d'un observateur.....	11
Chapitre A1: Un élève consentant.....	12
L'initiation.....	12
Un élève consentant ou résistant.....	14
Au-delà de la soumission et de la liberté.....	16
Chapitre A2: Un étudiant critique.....	20
Chapitre A3 : Un intégrateur d'expériences.....	27
Chapitre A4: Un professeur de mathématiques.....	31
Le cadre.....	31
Les acteurs et les groupes.....	32
La reproduction, la liberté, l'efficacité.....	33
L'expertise explicative.....	35
La dimension heuristique.....	37
L'évaluation.....	39
La dimension explicative des notions.....	40
Chapitre A5: Un lecteur-compositeur.....	42
Un étudiant frustré.....	42
Des essais de composition.....	47
Une thèse pour l'explication mathématique.....	49
Chapitre A6: Un formateur et ingénieur de systèmes d'instruction.....	51
Une étude de cas.....	51
Observations sur l'ingénierie du système de formation.....	57
Chapitre A7: Un militant.....	64
Un préambule.....	64
L'expérience " Pitesti " et l'éducation par la force.....	64
La "formation de l'homme nouveau" comme expérience ou " Pitesti " généralisé.....	67
La révolution et l'explication ... ..	69
Un choc culturel.....	71
La conclusion.....	74
Partie B : Témoignage d'un expérimentateur.....	76
Chapitre B1: Introduction à la problématique.....	77
Un expérimentateur qui veut expliquer ses démarches.....	77
Vision initiale sur la problématique.....	78
Problématique actuelle et mise en garde.....	81
Chapitre B2: Le projet " Multimédia métamorphique ".....	82
Le besoin de multimodalité.....	82
Le projet et le coût de développement.....	83
L'exploration entre la liberté et la cohérence.....	85

L'interactivité et la métamorphose .....	87
Chapitre B3: Le projet " Stéréo-explication " .....	91
Le cadre .....	91
Les observations sur la composition du discours pluri-pistes.....	93
La synchronisation .....	95
Chapitre B 4: Le projet " Métadémonstrateur " .....	97
Les objectifs .....	97
La gestion de l'initiative .....	98
Intelligence artificielle ? .....	100
L'intelligence... du système .....	102
Vers une autre perspective.....	104
Chapitre B5: Le projet "Instruction à triple contrôle" .....	106
Vision et buts.....	106
La coopération explicative assistée par ordinateur.....	108
Le projet .....	110
Chapitre B6: Les projets " TaxiNet " et " StereoTutor " .....	113
La vague Internet.....	113
Le projet TaxiNet .....	115
La navigation partagée .....	118
Le projet StéréoTutor .....	122
Chapitre B7: Spécifications pour la synthèse d'un instrument virtuel .....	126
Partie C: Témoignage d'un modélisateur .....	138
Chapitre C1: Première étape de la modélisation.....	
- essai sur les bases théoriques de la technologie de l'éducation - .....	139
Une introduction à la partie C .....	139
Le besoin des bases théoriques pour la technologie de l'éducation .....	140
Vers une ingénierie du processus explicatif .....	144
La complexité étudiée à travers une étude de cas.....	146
Un séminaire de lecture et une série d'essais .....	148
Chapitre C2: Essai sur la physiologie du discours : .....	
- la structure et le processus, le curriculum et le discours, la sérialité et le parallélisme, la stéréo-présentation- .....	149
La vision systémique sur le curriculum, le discours et l'explication.....	149
La modularisation et la recomposition; le curriculum et le discours; l'analyse et la synthèse .....	151
L'évolution du savoir entre le parallélisme et la sérialité.....	153
L'aide à la recomposition.....	156
La sérialité <i>et</i> le parallélisme .....	159
Le " faisceau discursif " (le " stéréo-discours ") .....	162
Chapitre C3: Essai sur la physiologie du dialogue .....	164
- la résonance, la communication, la synchronisation- .....	
La résonance explicative .....	164
L'équilibre entre apprendre et être enseigné .....	167
La communication asynchrone; l'explication implicite, l'exploration, l'assistance .....	171
La communication synchrone. La réception du discours et la synchronisation.....	173
Chapitre C4: Deuxième étape de la modélisation.....	
- essai sur les sources et les difficultés de la modélisation pluridisciplinaire de l'explication-.....	179
Une étude multidisciplinaire.....	179
Le besoin de synthèse et la méthodologie systémique .....	185
Chapitre C5:Essai sur la morphologie de l'explication: .....	
- des cartes avec les acteurs et les sous-systèmes-.....	187
Le système de l'explication effective.....	187
Le système de l'application de l'explication .....	194
Le système de la création de l'instrument explicatif.....	195
Le système global de l'explication.....	197

Chapitre C6: Essai sur la physiologie de l'explication: .....	198
- une carte de la problématique - .....	
Chapitre C7: La troisième étape de la modélisation .....	209
- essai sur la récursivité et la complexité de l'explication de l'explication- .....	209
L'explication de l'explication - les pièges et la modélisation de la circularité .....	216
La systémique dans la recherche développement – un projet de thèse .....	
Chapitre C8: Essai sur la modélisation des démonstrations informatisées .....	220
Une mise en garde .....	221
Une description narrative et graphique.....	226
Points de départ vers une représentation symbolique (formalisation) .....	229
La modélisation .....	
Chapitre C9: Essai sur l'étude de l'explication.....	237
- un programme pour une nouvelle discipline-.....	249
Épilogue .....	249
Le sujet et la vision.....	251
La méthode, le style et le cercle vicieux.....	252
Les résultats et les perspectives .....	253
L'histoire.....	255
ANNEXES .....	256
ANNEXE I: Vocabulaire spécial utilisé .....	257
ANNEXE II: Sommaire des difficultés de modélisation.....	261
ANNEXE III: Observations sur la coopération démonstrative : négociation et métamorphose.....	261
La décision et négociation .....	263
L'adaptation et la métamorphose .....	266
Bibliographie.....	266
B1. Sujet : sens, structure, logique, didactique (problématiques 1,2,3).....	268
b2 Cognition: mémoire, apprentissage, raisonnement, perception, savoir (problématiques 4, 8) .....	270
b3 Processus cognitifs ; compréhension du discours; sérialité et parallélisme (problématiques 5,6,7).....	272
b4 Communication: résonance, synchronisation, interaction et interface (problématiques 11,12) .....	274
b5 La coopération et la négociation des décisions (problématiques 13, 14).....	276
b6 Action et pratique; exploration et assistance (problématiques 9, 17) .....	278
b7 Instruments explicatifs; modalités et média ; environnements (problématique 15,16).....	280
b8 Conception de l'explication: phénomènes, tactiques et techniques (problématiques 10, 18) .....	282
b9 Variation, adaptation, intelligence, évolution (problématiques 21,22,23).....	286
b11 Applications des systèmes explicatifs des contextes particuliers (problématique 20).....	288
b12 Le métabolisme global de l'explication, son observation et sa description (problématique 19).....	



## Liste des figures

Figure B5: Le mixage synchrone - asynchrone .....	107
Figure C5.1: Pyramide de l'explication .....	187
Figure C5.2: Système élargi de l'explication .....	193
Figure C6: L'univers des problématiques de l'explication.....	208
Figure C7.1: L'univers de l'explication de l'explication, étape 1 .....	209
Figure C7.2: L'univers de l'explication de l'explication , étape 2 .....	210
Figure C7.3: L'univers de l'explication de l'explication, étape 3 .....	211
Figure C7.4: L'univers de l'explication de l'explication, étape 4 .....	212
Figure C7.5: L'univers de l'explication de l'explication, étape 5 .....	213
Figure C7.6: L'univers de l'explication de l'explication, étape 6 .....	214
Figure C7.7 : L'univers de l'explication de l'explication, étape 7 .....	215
Figure C8.1: La procédure.....	221
Figure C8.2: La démonstration à deux .....	222
Figure C8.3: La démonstration à trois .....	225
Figure C8.4: L'évolution d'un système de grandeurs physiques.....	226
Figure C8.5: La dualité structure - processus .....	229
Figure C8.6: Le modèle de la démonstration informatisée.....	235

## Prologue

## Un pédagogue

Cette thèse est écrite par un témoin de l'explication, un homme qui l'a observée avec intensité en tant qu'élève, lecteur, auteur et présentateur d'explications. Quelqu'un qui a senti de grandes frustrations en face des fausses leçons, des faux livres et des faux professeurs, mais a connu aussi le miracle d'être aidé à comprendre des choses subtiles. Le pédagogue a investi beaucoup d'énergie pour l'explication dans divers contextes et a connu à la fois des satisfactions et des déboires pédagogiques. Il était convaincu que l'explication accomplie est un " pas de deux ", un rituel fondamentalement binaire, presque mystérieux, lié intimement à l'amour et à la solidarité.

Le pédagogue veut plaider pour ce "pas de deux", menacé par une société centrée sur la reproduction, qui semble ne pas saisir correctement l'importance et l'efficacité de la danse explicative. Il n'est pas un admirateur de l'enseignement collectif, mais comprend ses raisons et la position ingrate des enseignants. Il sait que beaucoup d'entre eux gardent avec difficulté l'enthousiasme nécessaire pour bien faire leur métier et progresser dans l'art d'expliquer. Il sait qu'une bonne explication demande un grand effort de préparation et un raffinement progressif. Il déplore " l'éducation de consommation " qui navigue superficiellement dans un univers de connaissances volatiles sans avoir le temps de plonger dans les eaux de la compréhension profonde. Il est inquiet de l'effet engendré par la difficulté d'évaluer et de récompenser correctement la performance explicative. Il a saisi que l'absence de rétroaction stimulante peut causer une dégénérescence souterraine du discours d'un auteur ou d'un enseignant. Il croit que le maigre traitement salarial de ceux qui expliquent (les " explicateurs ") et le traitement scientifique insuffisant de l'explication sont deux phénomènes liés.

L'écologie de l'éducation le préoccupe. Il est troublé par le caractère intime de l'acte explicatif qui nous oblige à une distinction claire entre l'amour et l'agression explicative. Il condamne l'éducation par force, qu'il a eu la malchance d'observer dans des conditions assez dramatiques. Il voudrait au contraire réhabiliter l'éducation par consentement car il considère que le rapport sain entre le novice et le maître est un formidable moteur pour l'explication. Il croit que l'isolement de l'apprenant, laissé seul avec des " instruments d'apprentissage " au nom de la liberté et du constructivisme est une erreur théorique et pratique.

C'est dans ce contexte qu'il observe la tentative de remplacer l'enseignant par un ordinateur et lui oppose l'idée du travail en triangle " expert-ordinateur-novice ". Dans la méthodologie du mixage synchrone-asynchrone qu'il propose, il injecte sa vision éducative et son expertise pédagogique.

## **Un théoricien**

Cette thèse est écrite par un théoricien à fortes tendances philosophiques et épistémologiques, qui a rencontré à vingt ans les théories des systèmes et des ensembles flous et a voulu les appliquer pour modéliser un phénomène qui l'obsédait depuis l'enfance, l'explication.

C'était un défi de taille, car le sujet est extrêmement complexe, un hybride de matériel et de spirituel, demandant un mariage de logique et d'intuition, oscillant tel un pendule entre l'exactitude et l'ineffable, impliquant une multitude de dimensions, parfois indiscernables, vivant des vagues de processus qui interfèrent, faisant naître une problématique enchevêtrée tel un labyrinthe et suscitant l'intérêt d'une multitude de disciplines. Celles-ci produisent un univers très riche d'idées, de modèles et de visions, exprimés dans une multitude divergente de langages, une vrai tour de Babel...

Coaguler l'univers d'observations et de descriptions pour refléter l'unité du phénomène explicatif, s'est avéré une ambition démesurée. Une recherche si pluridisciplinaire ne trouve pas facilement une méthodologie appropriée. En dépit des innombrables gestes d'observation, des lectures, des méditations, des expériences de laboratoire, des tentatives de modélisation, le scientifique a dû se replier sur une position plus modeste. Après une période de panique, il a décidé de transfigurer sa demi-défaite; il a dressé la carte de sa perplexité afin d'organiser l'espace des observations et des questions comme préalable à l'espace laissé aux réponses. Il espère que ce type de synthèse pourra inspirer la naissance d'une théorie unitaire et globale de l'explication, pour laquelle il plaide implicitement dans toute la thèse et explicitement dans l'essai qui est la conclusion de la troisième partie.

La trajectoire vers cette approche assez inhabituelle était sinueuse et influencée par des rencontres et des révélations très diverses. Entraient en jeu une vision systémique et même osmotique de l'existence, une fascination pour la consonance et l'interaction, une perception aiguë de la dimension temporelle des choses et des concepts, un regard dialectique sur le rapport entre structure et processus, une position épistémologique prudente qui acceptait la valeur de l'explication descriptive à côté de celles qui étaient justificatives. Tout cela a mené le pédagogue à la conclusion que le traitement approprié de la complexité dynamique impose une combinaison de rigueur et d'intuition, de précision et d'ambiguïté, de planification et d'inspiration, de déduction et d'observation.

## Un ingénieur

Cette thèse est écrite par un ingénieur. Un homme qui a la passion de construire des outils et de faire fonctionner les systèmes de manière optimale. Cet homme a utilisé un solide appareil mathématique pour résoudre des problèmes techniques en télévision et en informatique. Puis (est-ce un accident ?!) il s'est tourné vers la production optimale des instruments avec lesquels on pouvait organiser de façon optimale des systèmes où l'explication devait être optimale.

L'ingénieur sémantique-sémiotique a construit des didacticiels, a cherché le perfectionnement de leur interface, de leur structure et de leur comportement. Il a analysé la distinction entre les environnements d'exploration et les outils de présentation et a essayé leur combinaison dans un seul système qui mixe l'assistance synchrone et asynchrone, les diverses modalités de présentation, les stratégies de gestion du discours, des postures explicatives variées (documentation, coopération, instruction) etc.

L'ingénieur de fabrication a profité de son immersion dans la posture d'auteur pour saisir ses besoins de composition "en-ligne" et "hors-ligne" et a orienté en conséquence la construction des outils "d'authoring". Il a dressé des spécifications et a développé des prototypes pour mettre en évidence la physiologie et étudier la faisabilité. Il s'est concentré sur le régime transitoire de l'explication, moins étudié que la statique cognitive: le rapport entre la sérialité et le parallélisme, la perception et la composition du discours sur plusieurs pistes, la négociation dynamique de la décision, l'adaptation et la métamorphose.

Il a étudié l'ordinateur comme acteur d'une explication, a flirté avec l'intelligence artificielle, mais a terminé par renforcer son intuition que l'ordinateur devrait être plutôt une interface de facilitation de la communication expert-novice, qu'un agent explicatif autonome en tout cas tant que nous n'étions pas en possession d'une théorie microscopique de l'acte explicatif. Pour soutenir une telle théorie il a fait un récit détaillé de ses expériences.

L'ingénieur de systèmes a témoigné de sa position ingrate face à la complexité du problème de design et de l'évolution technologique explosive et parfois anarchique. Il n'a pas trouvé de méthodes efficaces pour résoudre les problèmes de façon optimale. Il a essayé de formuler un problème de recherche opérationnelle mais il n'est même pas parvenu à écrire le système d'équations qui décrivait le système. Il n'a pas échappé au besoin de décision intuitive, de bricolage, d'invention. Il a découvert que la "reproductibilité" et la "générativité" des explications avaient des limites profondes. Il a constaté qu'un effort d'amélioration pouvait coûter souvent plus cher que le bénéfice qu'il pouvait apporter! Il a été ainsi forcé de remplacer le mot "optimal" par "meilleur". Il a dû accepter les "recettes" du "design de l'instruction", comme une

posologie utile mais ne possédant pas de physiologie à la base. Malgré tout, il a continué à plaider pour la surveillance continue du rapport performance/coût.

Il a synthétisé ses constats sur “l'authoring”, l'ingénierie explicative et les instruments explicatifs dans plusieurs essais. Le dernier geste, tentant la voie de la synthèse instrumentale, fut la description de l'instrument virtuel qu'il a essayé de construire, avec l'espoir que ses spécifications comportementales pourraient soutenir plus tard un design effectif.

### **L'interférence**

Les trois personnages décrits précédemment, me cohabitent. Mes trois "moi" se sont influencés, inspirés et complétés. Ils se sont heurtés, contredits, harcelés et niés. Ils ont négocié et ils ont écrit cette thèse ensemble. J'ai eu peur que le résultat reflète un déchirement. J'ai pensé à plusieurs reprises choisir un seul des trois auteurs afin de donner à l'étude une unité d'approche et d'en simplifier la rédaction et la lecture. Tour à tour, je fus sur le point de faire taire l'ingénieur, le pédagogue ou le théoricien. Mais j'ai dû finalement les laisser parler ensemble, pour pouvoir présenter justement l'interférence de trois tentatives d'expliquer l'explication: le théoricien qui veut expliquer ce qui est l'explication et comment elle se produit; le pédagogue qui cherche l'optimisation des stratégies explicatives; l'ingénieur qui veut contrôler le développement des instruments et des systèmes explicatifs. Leur fusion dans ma personnalité ne serait-elle pas expressive pour la rencontre entre les différents experts qui doivent coopérer pour organiser les systèmes d'explication? Ne serait-elle pas suggestive pour la symbiose ou l'équilibre entre l'esprit exact et l'esprit imaginaire?

Enfin, je me suis décidé à ne pas m'inscrire dans la tradition des approches spécialisées, univoques et autoritaires, mais de risquer l'éclectisme descriptif, le “stéréo-regard”, l'expressivité du doute, l'explication implicite, l'autopsie des succès. La réflexion des pistes et des tentatives devait jeter sur mon sujet une lumière symphonique, originale, authentique. En m'expliquant pour expliquer le sujet qui me préoccupe, en appelant à l'introspection, je fais “recours à la méthode” qui m'est apparue pertinente dans ma méditation sur l'explication. Le cercle se ferme.

### **Les pôles d'intérêt**

Pendant la recherche de l'explication de l'explication, je me suis parfois concentré sur une seule piste, explorant une description spécifique, phénoménologique, pédagogique ou opérationnelle. D'autres fois, j'ai cherché une combinaison, une description unique, multifonctionnelle. J'ai observé leurs relations réciproques: la phénoménologie de la pédagogie et de l'ingénierie, la pédagogie basée sur l'utilisation de la technologie et

sur la compréhension profonde des phénomènes, l'ingénierie orientée par la phénoménologie et par la pédagogie. Les idées que j'ai injectées dans les essais conçus progressivement, gravitent autour de ces trois pôles d'intérêt.

### **Les méthodes de recherche**

Les pôles d'intérêts multiples ont imposé une variation de la méthodologie de recherche. La recherche a oscillé entre plusieurs approches, selon une logique négociée entre les trois personnages signalés plus haut.

L'ingénieur a fait souvent appel à une méthode de type “ recherche et développement ”, décrite surtout dans la partie B de la thèse et matérialisée par quelques prototypes. Il a aussi été impliqué dans des situations de “ recherche- action ”, décrites dans les chapitres A6 et B6 à propos de l'organisation d'un système de formation et de la formation d'une équipe spécialisée en applications explicatives sur Internet.

Le pédagogue, l'auteur, l'élève, le lecteur, le citoyen et l'ingénieur ont contribué avec des témoignages concentrés sur leur expérience de l'explication, organisés selon une méthodologie ethnographique introspective.

Le théoricien a surtout mis sur la méthodologie systémique, cherchant des modèles unitaires, composant des cartes du système explicatif, de la problématique et même... de sa perplexité.

### **Les types de regard**

La manipulation des entités complexes est facilitée par le *regard macroscopique* qui simplifie l'image et met en évidence leur unité et leur essence. Il y a en revanche des aspects physiologiques que le regard d'en haut ne peut pas surprendre, qui demandent l'intervention du *regard microscopique*. Même les aventures de synthèse passent par une étape d'analyse minutieuse qui plonge dans l'univers des détails pour en extraire l'essence. Osciller entre le microscope et le macroscopie, une procédure clef pour la science, permet d'éviter à la fois l'égarement dans l'océan de détails et l'évasion dans le monde des modèles “ purs ”.

Le déchirement entre les tendances de se distancer et de s'approcher, reste d'habitude caché dans la mémoire du chercheur, qui ne le décrit que de façon accidentelle, comme argument auxiliaire accompagnant les “ vrais résultats ”. Les descriptions académiques ne montrent pas le feu créateur mais seulement les formes qu'il produit. Nous rencontrons rarement dans la littérature scientifique des méditations ouvertes sur le

vacillement entre l'impression d'avoir trouvé des repères et des formules importantes et le doute de leur valeur. Le ton ferme est rassurant, mais l'obligation de s'en tenir à ce ton intimide la sincérité et décourage la communication des intuitions, pourtant naturelles comme réaction en face de l'hyper-complexité. Pour décrire la trace fluide de la pensée cherchant le sens de l'explication, pour relater les tentatives, j'ai choisi le recours au *regard "introscopique"*.

### **Les mécanismes du discours**

Une autre tension dialectique que j'ai dû résoudre a été le choix du mécanisme de mon discours.

J'ai senti parfois le besoin de présenter mes idées de façon linéaire, évolutive, de les placer dans la vague d'un *discours progressif unitaire*. La séquence convient pour refléter les processus. Elle permet aussi une explication cohérente des structures, quand elle guide le lecteur dans leur observation. J'ai utilisé la décomposition sérielle de mon message à l'intérieur de chaque essai. Pour mettre en évidence des significations longitudinales de plus longue durée, j'ai organisé des suites d'essais (en cascades) dans chaque partie de la thèse.

Pour mettre en évidence le caractère simultané des systèmes, j'ai dû recourir à des structures descriptives parallèles, à des cartes et à des architectures modulaires qui permettent l'orientation de l'exploration ou qui aident la recomposition du parallélisme, après un processus de sérialisation.

Pour accommoder les problèmes descriptifs très diversifiés, posés par l'explication du processus explicatif, j'ai dû recourir à un jeu continu entre la sérialité et le parallélisme, en les alternant, en les combinant et en les appuyant l'un sur l'autre. Il y a des discours qui ont guidé l'exploration des structures et des modèles spatiaux afin de révéler l'organisation des processus.

Une formule subtile de combinaison sérialité-parallélisme est la superposition des fils discursifs. Chaque fil est une incursion dans le monde du phénomène, une traversée du sujet, polarisée par une certaine problématique et axée sur le récit de ma démarche évolutive d'observation et de modélisation partielle. L'ensemble des fils ne représente ni une décomposition parallèle ni une décomposition sérielle en modules disjoints. Les incursions interfèrent intimement, formant par intégration un discours multifilaire, comme les couches superposées qu'un peintre utilise pour arriver à l'image finale de son tableau. Elles forment un quasi-modèle, une structure descriptive non-univoque mais cohérente, formée par un ensemble d'images prises chacune d'un point d'observation différent et expressif.



La formule du balancement entre la cascade discursive, l'exploration guidée et la superposition des fils a été influencée par les conclusions de ma méditation sur la dialectique sérialité-parallélisme, réclamée par la description des processus complexes. Le résultat n'est pas une synthèse dans le sens classique, n'est pas un discours, mais une histoire fluide sur une réalité fluide. S'il m'a aidé à créer une image nuancée, ce sera un argument de plus en faveur de la narration comme méthode d'explication de la recherche.

### **Les postures de la lecture**

La structure de la thèse ne devait pas accommoder seulement la variation des approches du compositeur mais aussi des postures du lecteur! Je voulais préparer une éventuelle rencontre initiatique et fugitive, une visite minutieuse au cours d'un long chemin cohérent et une exploration rapide à la recherche d'un détail sur une carte d'idées. La solution que j'ai adoptée m'a été suggérée par une analogie.

La société Macromind conçoit des outils "d'authoring" multimédia. Pour organiser la documentation de leur produit Director3, les experts de Macromind ont trouvé une solution intéressante: au lieu d'un manuel unique d'utilisation, ils ont conçu trois. Le premier est une incursion, un survol qui prend un exemple expressif pour introduire le lecteur dans le sujet, pour lui signaler la structure d'ensemble, pour l'avertir des possibilités, pour l'intéresser. Le deuxième est un manuel classique, présentant en détails les opérations importantes. Le troisième est une synthèse, un livre de référence, utilisable pour repérer rapidement un détail ou l'autre. Bien d'autres entreprises procèdent de façon similaire. Pourquoi? Parce qu'elles savent que l'éventuel utilisateur de leurs explications peut se retrouver en plusieurs postures (ou hypostases). En tant que débutant, il a besoin de saisir rapidement le sujet, d'être averti sur le sens de l'ensemble; comme apprenant, il a besoin de descriptions approfondies pour chaque opération; enfin, l'hypostase du connaisseur, qui cherche un détail sur la carte des aspects, demande une structure explicative qu'on puisse explorer.

Mon approche fut analogue; j'ai essayé de décrire mon objet pour permettre plusieurs hypostases de lecture.

### **Les couches de présentation**

En essayant d'accommoder tant de tendances sans perdre ni l'unité, ni la pluralité, je suis parvenu, après maintes réorganisations à structurer **la thèse en trois grandes parties** qui deviendraient à la lecture trois couches descriptives. Ces parties ne correspondent pas de manière univoque aux pôles d'intérêt, aux angles de vue, aux méthodes de recherche, aux mécanismes descriptifs ou aux hypostases de lecture. Mais elles apportent un degré de spécialisation qui favorise la limpidité et qui est exprimé par la formule suivante :

Couche	Pôle	Méthode	Angle	Mécanisme	Hypostase
A	pédagogue	ethnographie	introspection	superposition de fils	initiation.
B	ingénieur	développement	microscopie	cascade discursive	étude
C	théoricien	systemique	macroscopie	exploration guidée	référence

La partie ou la couche A (Témoignage d'un observateur) introduit le lecteur dans le sujet, avertit, illustre, induit mon image, révèle la problématique. Je l'ai organisée autour du récit de ma vie, dans une suite d'incursions assez libres, mais polarisées par l'observation de l'explication. Les contextes des observations sont décrits brièvement pour soutenir les conclusions. C'est un recours à la narration, à la sincérité, à l'analogie suggestive, imposé par la complexité et la plasticité des observations. Il exemplifie mes idées sur la présentation progressive et historique des concepts. L'approche ethnographique introspective est la conséquence méthodologique d'un point de vue cognitiviste-constructiviste-développemental puisque je décris de l'intérieur l'histoire de la construction de mon savoir sur l'explication.

Je devais aussi pénétrer analytiquement dans les entrailles du sujet, parcourir des verticales complètes pour montrer la profondeur du phénomène étudié. Chaque essai de la cascade qui forme la deuxième partie B ou la deuxième couche (Témoignage d'un expérimentateur) est un parcours séquentiel, un exercice de sérialité discursive décrivant le processus de mes investigations de laboratoire. Ceux-ci à leur tour ont scruté des processus. On a donc ici une explication visant la compréhension transitoire de ma compréhension transitoire sur la compréhension transitoire... Les essais abordent la recherche de laboratoire systématiquement, se concentrant sur certains problèmes et décrivant les prototypes et les conclusions produites.

La partie C ou la troisième couche (Témoignage d'un modélisateur) est dédiée au regard simultané, synthétique, systémique. Ce n'est pas un modèle univoque de l'explication, mais une carte qui révèle le tissu de la problématique. On pourra ainsi repérer les acteurs du système explicatif, les aspects à prendre en compte, les mécanismes physiologiques, les sciences qui scrutent le phénomène et leur filtre d'observation. Cette partie présente d'en haut la surface de mon image sur l'explication et offre des repères à ceux qui voudraient sonder les détails. Elle contient aussi une histoire de la modélisation qui explique la chaîne d'essais commis sur le parcours et la sélection de ceux présents dans la thèse. A part ce récit de modélisation, dans tous les autres essais de cette partie, l'origine des observations n'est plus précisée; j'ai estompé ma présence pour traiter le processus explicatif en soi.

Les trois parties A, B, et C ou les trois couches que j'ai superposées dans ma présentation visent à tour de rôle la présentation suggestive, la présentation progressive, la présentation systémique. La combinaison des filtres complémentaires d'observation place l'objet dans un espace tridimensionnel. Le "macroscope" répond au besoin de synthèse systémique et se base sur l'explication parallèle, structurale. Le "microscope" répond au besoin d'analyse précise et mise sur l'explication discursive convergente. "L'introscope" répond au besoin d'authenticité suggestive et mise sur l'explication libre, émergente.

### **Le point sur l'ensemble**

Il y a un phénomène complexe, multidimensionnel mais ontologiquement unitaire qui peut être vu par plusieurs prismes. La multitude des images sur le phénomène (descriptions, modèles, explications) perçues et formulées par des hommes et des disciplines forment une réflexion globale structurée de manière plus ou moins univoque. L'unité ontologique du phénomène et du monde des messages réifiés qui le décrivent se trouve dans un rapport subtil avec la variabilité des images individuelles. Chaque homme construit une image interne subjective du phénomène. Celle-ci est influencée par sa personnalité, par sa culture, par ses intérêts. Les images d'un pédagogue, d'un théoricien et d'un ingénieur sur le phénomène de l'explication, portant l'empreinte de leur maîtres, différent et posent des problèmes de synchronisation.

*Peut-on récupérer la multidimensionnalité unitaire du phénomène primaire dans l'univers second de sa description scientifique ? Que dire dans un univers cognitif individuel ?*

Pour répondre à ces deux questions je me suis soumis à une expérience duale, comme cobaye-expérimentateur. J'ai essayé de dresser un modèle réifié (extériorisé) de l'explication et dans le même temps d'observer la formation de mon image intérieure sur l'explication. Le premier projet, bien que résolu avec certains résultats, signalés dans la thèse, n'a pas abouti à un modèle complet de l'explication.

Par contre, la deuxième piste s'est avérée plus fructueuse, à cause de ma formule d'expertise hybride. Je pouvais tester si la *multiplicité ontologique peut se retrouver dans une multiplicité gnoséologique*. La preuve devrait être la formation d'une image ternaire c'est-à-dire phénoménologique, pédagogique et technologique à l'intérieur d'une seule conscience. Bien entendu, pour produire, observer et décrire cette fusion, je n'avais accès qu'à une seule conscience: la mienne! Il en découle le contenu et la méthode de cette thèse.

Observation : Je suggère au lecteur de lire maintenant l'épilogue...

## **Partie A : Témoignage d'un observateur**

## Chapitre A1: Un élève consentant

- personnalité, empathie et catalyse en explication -

### L'initiation

Nous rencontrons l'explication tellement tôt dans notre enfance qu'il nous devient impossible de scruter ses racines dans notre mémoire. Qui peut se rappeler la chaîne des " pourquoi " à nos parents à l'âge des questions ou les explications reçues sans n'avoir rien demandé? Qui retrouve la trace des premières explications trouvées dans les livres ou offertes de manière accidentelle par nos premiers partenaires? Et plus loin encore, qui perçoit l'aide qu'on nous a accordée pour former notre manière d'interpréter, de parler, de bouger? Malheureusement, nous n'avons pas accès aux moments de notre initiation à l'art de recevoir des explications; pour en avoir l'intuition, nous devons observer d'autres enfants... S'agissant ici de mon regard d'élève sur l'explication, je ne peux que signaler l'importance de l'initiation, cachée dans le brouillard des débuts, impénétrable mais fondamentale pour mon existence: je suis engendré par des gènes, mais modelé par des explications!

En aval, au temps où l'école est devenue le principal contexte ou le cadre pour recevoir des explications, il m'est encore difficile de récupérer les détails des processus explicatifs même si ma mémoire s'est imprégnée de leurs résultats. Comme tout le monde, je ne les ai pas observés en tant que phénomènes, mais je les ai seulement vécus comme acteur qui se concentre pour comprendre la chose expliquée.

En ce sens, nous sommes tous des experts de l'explication, nous en avons une longue expérience, qui est embrouillée dans la conception formée par nos impressions successives. Cette connaissance diffuse ne permet pas le renvoi précis vers les sources qui l'ont générée de manière progressive et globale. Il n'est pas facile de l'analyser avec le regard rétroactif de l'introspection. Parfois, nous ne pouvons pas nous rappeler l'origine d'une conclusion/impression/opinion. Il arrive que nous récupérons des scènes que nous interprétons maintenant par le filtre de la question qui nous dirige vers le passé. Enfin, nous retrouvons aussi certaines conclusions telles que nous les avons formulées jadis.

Je commencerai ma sélection d'événements révélateurs pour moi par celui qui a fait que mon rapport avec l'explication ne soit plus celui qui est habituel à un élève puisque j'étais devenu un observateur précoce. On saisira comment et pourquoi j'ai surveillé le processus de l'explication dès mes premières classes et pendant toute ma scolarité et ainsi on comprendra mieux ma position face à ce phénomène et l'importance qu'il a pris dans ma vie.

L'événement déterminant a été le choix que mon père a fait de prendre ma classe comme champ d'expérimentation. Il voulait en effet démontrer l'avantage de l'initiation en mathématiques par la logique au lieu de l'initiation par le calcul. Dans l'esprit des mathématiques modernes (Papy, etc.) il s'était proposé de changer l'enseignement de l'arithmétique en Roumanie. Après une longue bataille, des expériences avec des élèves et des cours aux enseignants, il y est parvenu; on a enseigné pendant longtemps ses programmes et sa méthodologie d'après ses manuels et recueils de problèmes, rédigés avec ma consultation.

Je n'entrerai pas dans le fond du problème des mathématiques, quoiqu'intéressant comme plaidoyer pour des mathématiques expliquées (Je le reprends plus bas au chapitre A5 mais je m'arrêterai seulement sur l'effet que cet incident a eu sur mon destin d'observateur de l'explication car c'est ce qui compte ici). Pendant quatre années (dans les classes primaires de 3<sup>ième</sup> à 6<sup>ième</sup>) j'ai vécu cette expérience de restructuration de l'initiation en mathématiques; je fus le principal partenaire de mon père, d'abord comme élève - il relevait mes impressions et nous analysions ensemble les alternatives de programme -, puis, très tôt, comme assistant dans l'étude du problème et finalement comme ingénieur pour implanter ces idées dans un didacticiel.

Il est évident qu'en discutant chaque jour de l'effet que l'expérimentation avait sur moi et sur mes collègues et de l'influence de chaque composante du discours sur la compréhension des mathématiques, en lisant des travaux de didactique et de psychopédagogie à dix ans, en assistant au bouleversement d'un curriculum classique... je perdais mon innocence!

J'ai commencé à surveiller avec un regard nouveau ce qui se passait à l'école, à m'observer pendant que je recevais des explications. Je suis devenu très attentif aux procédures que les bons enseignants utilisaient pour nous aider à comprendre. Je percevais le pas de deux de la danse "enseignant-élève" à la recherche d'une vision commune sur un sujet donné et je remettais en question l'organisation des livres qui se proposaient d'expliquer. De plus on m'avait enseigné à la maison d'être critique, de ne pas croire mécaniquement ce qu'on me disait à l'école (!), d'analyser chaque affirmation qu'on me proposait et de ne l'accepter qu'après avoir éliminé tous les points ambigus, discutables ou faux. "Le but", disait mon père, "n'est pas d'ingurgiter ce qu'on te propose, mais de te former une pensée solide".

C'est dans ce climat et par ce prisme que j'ai regardé mes professeurs et mon éducation. Je ne dresserai pas ici l'inventaire détaillé de ces observations. Je les signalerai au moment opportun. Pour l'instant, j'ai sélectionné les expériences les plus intenses.

## Un élève consentant ou résistant

J'ai débuté mon apprentissage à l'explication sous le signe des mathématiques. Je jouais avec mon père la partie de ma formation, en basculant continuellement entre la position de récepteur et celle d'analyste. C'était une expérience riche mais fatigante. J'étais stressé par cette relation trop complexe avec mon père-professeur-partenaire... surtout quand elle avait mes collègues comme spectateurs.

C'est au moment de ma 5<sup>ème</sup> année du primaire que le professeur de littérature fit irruption dans ma vie et changea bien des choses. Il ne respectait pas le programme scolaire mais plutôt l'interprétait à sa façon. Nous assistions stupéfaits et fascinés à une irruption d'histoires, de questions, de doutes, d'émotions, de polémiques, d'analyses présentés dans un volcan d'idées qui nous coupait le souffle. On n'entendait pas la clochette et on ratait la récréation... Ce n'était pas une leçon de littérature mais une incursion débordante, personnelle et révélatrice avec quelqu'un qui l'aimait, la vivait avec intensité, la partageait avec nous. Nous étions ravis, gagnés, changés! J'ai commencé à lire et à écrire beaucoup. Les mathématiques sont passées au deuxième plan. Je découvrais avec mon professeur les délices de l'humanisme, du raffinement, de la sensibilité. Il m'accordait beaucoup d'intérêt, il me parlait, m'encourageait et m'incitait à m'exprimer. Nous formions un couple de plus en plus soudé intellectuellement à mesure qu'il montrait de la confiance dans mon succès littéraire et que je montrais de la confiance en lui comme guide.

En même temps, j'avais droit aux discours de mon professeur d'histoire qui nous émerveillait par ses présentations riches en détails et en interprétations qu'on ne trouvait guère dans les manuels. Il ne prenait pas position, même pour les points de vue exigés par le programme, il se contentait de nous faire des fresques hybrides de situations et d'attitudes. Ce n'était pas une encyclopédie qu'il nous présentait mais l'évolution d'un gigantesque organisme social. On devinait sa passion en dépit d'un style apparemment froid et de son exigence et nous le suivions avec intérêt, car nous étions provoqués à méditer avec lui sur le sens des choses et du temps.

Je fréquentais aussi à cette époque un club d'élèves amateurs de photo et de cinématographie. Ici, un professeur formidable nous a initiés à l'art et nous a amenés à réfléchir aux valeurs, à philosopher. Il a réussi à nous révéler, dans une série de dialogues généreux, ce que les leçons de l'école n'avaient réussi qu'à nous cacher. Il nous a appris à regarder, à découvrir des significations et des émotions d'autant plus intenses qu'elles étaient inhabituelles. On allait ensemble dans la forêt pour observer les prairies, les sentiers, les arbres, les fleurs, les ombres et les couchers de soleil et capter l'instant dans une photo. On discutait longtemps sur des films et on y cherchait les idées cachées. On débattait les scénarios de nos films

d'amateurs et les thèmes que nous découvriions fascinés: l'amitié, la justice, la beauté, la mort.... Lui aussi se racontait et nous pouvions observer comment il voyait, comment il poursuivait l'image expressive, comment il créait une atmosphère.

Me voilà enfin tourné vers l'art et la philosophie à la fin de l'école secondaire. Quand ces relations stimulantes (ou trophiques) qui ont provoqué cette orientation se sont interrompues, j'ai ressenti fortement la rupture. Je n'ai jamais cessé de penser à ces rencontres même si j'ai changé de direction. Ma trajectoire ne peut pas être réduite aux rencontres explicatives directes, scolaires. Il y eu a d'autres faits importants qui ont influencé ma vie. La situation sociale, le contact avec la nature ou avec certains livres m'ont profondément marqué. Ce n'est pas possible d'analyser ici toutes ces influences mais il est bien de signaler leur présence pour ne pas éluder le contexte dans lequel mon aventure explicative a baigné. Je peux en tout cas affirmer le rôle important que les rencontres avec mes enseignants ont eu dans ma vie.

Au lycée, j'ai eu de nouveaux professeurs. D'abord, le rapport avec la personne qui représentait la littérature a été catastrophique et m'a conduit à une vraie guerre. J'étais continuellement apostrophé pour mes opinions et mes attitudes, souvent obligé de quitter la classe. J'ai eu droit à un traitement semblable de la part d'autres professeurs. Il est vrai que j'étais un élève incommode, surtout pour les disciplines humanistes. On me cataloguait comme rebelle, on me punissait, on me menaçait et on pariait sur mon échec social. Par contre, le professeur de mathématiques m'a charmé. Et en sciences, j'ai été généralement bien accepté. J'ai ainsi basculé progressivement vers les sciences, en gardant en secret mon amour pour la littérature que je consommait pendant la nuit. Le jour, c'était l'élève mathématicien. J'étais dédoublé ...

Le nouveau professeur de mathématiques était considéré, à juste titre, comme un phénomène. Il vivait chaque problème, personnellement, avec une contagieuse intensité. Il se heurtait la poitrine quand les problèmes résistaient, il explosait à l'apparition d'une idée salutaire, devenait sombre quand celle-ci retardait trop. Il se réjouissait pour nos réussites d'une manière théâtrale, solaire, irrésistible. Il ne donnait pas des solutions. Il les cherchait avec nous, comme un commandant descendu au milieu de ses troupes pendant une attaque. Vécues avec lui, les mathématiques étaient autre chose, une occasion de vivre ensemble le jeu de la découverte, un spectacle captivant avec de surprenantes réverbérations esthétiques et humaines. Ce n'était plus l'école de rigueur que j'avais faite avec mon père et qui m'était utile pourtant pour agrandir la profondeur de mes incursions dans la nouvelle esthétique.

Je me rappelle le "cercle" que nous avons fréquenté pendant ces quatre ans tous les samedis soirs, comme supplément nécessaire aux heures de cours, pour vivre jusqu'au bout notre aventure. Nous nous enfermions



à clé dans la salle de classe pour que personne ne puisse nous déranger et nous attaquions avec notre professeur les problèmes restés sans solution pendant la semaine. Nous cherchions d'ailleurs partout de tels problèmes, nous sondions des dizaines de gros recueils pour les pêcher. Pourquoi? Parce que notre professeur nous avait appris à goûter le suspense entre la question et la réponse, l'espace mystérieux où la recherche vivait. Pour lui, la réponse n'était que les cendres d'une question morte, le souvenir d'une émotion dépassée. On cherchait parfois des heures avant qu'une idée ne vienne, on essayait mille chemins. Une fois, j'ai travaillé pendant un mois et j'ai rempli plusieurs cahiers pour un seul problème... Quand enfin l'idée jaillissait, j'observais que son irruption, si minutieusement préparée, prenait une profondeur émotive et une signification spéciale. A la fin, c'était le cri collectif de la victoire, un nuage de craie provoqué par le chiffon que mon professeur, en euphorie, projetait par terre.

Il faut ajouter les vacances, les journées d'été passées à lire des chapitres de mathématiques supérieures, assis sous le grand pommier de mon professeur, regardant son lac de nénuphars, un silence interrompu seulement quand il déposait sur la table un grand plateau rempli de bonnes choses... Je n'ai pas résisté. J'ai résolu un nombre incroyable de problèmes, j'ai parcouru les livres avec fébrilité. J'avais appris le vice exquis de chercher et la soif de combattre. J'ai participé à des compétitions régionales et nationales et j'ai remporté des prix. La satisfaction de mon professeur pour nos succès me produisait encore plus de plaisir que la victoire elle-même. J'étais captif.

Beaucoup plus tard, j'ai découvert en discutant avec mon partenaire qu'aucun de nous n'avait eu les mathématiques comme obsession centrale! Dans ce rituel formidable de la découverte et de l'explication, notre danse avait donc été plus importante que son but déclaré...

Pour conclure, j'ai formé de vraies paires avec les professeurs qui m'ont permis de les suivre. Avec les autres j'ai eu des relations superficielles ou parfois négatives. Le rendement des explications a largement été dépendant de ce rapprochement. Je n'ai pas pu entrer en résonance intellectuelle avec une personne de tempérament contraire au mien et ayant des conceptions antagonistes. Un professeur expérimenté trouve parfois la solution pour dépasser cet obstacle. L'élève le fait rarement. J'ai appris peu de ceux qui m'étaient antipathiques ou qui manifestement ne me plaisaient pas.

### **Au-delà de la soumission et de la liberté**

J'ai dépassé la contradiction entre la soumission et la liberté quand le rapport avec mes professeurs a eu lieu dans des " pas de deux " consentis. Ceux qui ont essayé de me dominer ou de me maîtriser m'ont beaucoup

dérangé et ne m'ont pas fait progresser. Ceux qui m'ont laissé en paix ne m'ont pas laissé un goût amer, mais je n'ai reçu d'eux que des informations. C'était un rapport distant aux effets infimes.

Il y a une solution qui dépasse la relation neutre et décente sans friser la dictature: se laisser enseigner par sympathie, par amour, se laisser apprivoiser par un professeur qui nous a conquis ! Dans mon cas, les "coups de foudre " ont eu des effets miraculeux. J'ai travaillé plus qu'il n'était demandé, j'ai compris rapidement et profondément, j'ai changé ma vision et mes options sous l'influence de ces "maîtres" aimés, admirés, recherchés. C'est dans le cadre de ces rencontres intenses que se sont produits les changements les plus spectaculaires, car le partenaire accepté, invité, désiré, a profité facilement de la plasticité de ma pensée. Je l'ai suivi attentivement même quand le sujet ne semblait pas m'intéresser, car je croyais en son inspiration et je lui donnais le mandat de m'expliquer des choses que je devais étudier avant de saisir clairement leur importance.

Pour entrer dans l'intimité du "pas de deux", j'ai laissé pour la fin le récit de deux expériences d'apprivoisement que j'ai vécues vers la fin de ma vie d'élève. La première expérience s'est passée dans le cadre d'un cours intensif de pilotage que j'ai suivi pendant l'été 1976. La deuxième a eu lieu une année plus tard pendant mon service militaire. Dans les deux cas je devais me laisser conduire pas à pas par quelqu'un qui avait la tâche de m'instruire. La première fois, ce type de coopération a fonctionné avec d'excellents résultats. Le dressage militaire s'est soldé cependant par une catastrophe. La morale n'est qu'apparemment contradictoire. La différence est que seulement la première fois, j'étais consentant! Mais voyons ces expériences plus en détails.

Personne ne m'a obligé à m'inscrire à l'école de pilotage. On m'a demandé au début de consentir aux règles de l'école afin de diminuer les risques d'accident. J'ai signé et j'ai trouvé normal de respecter cet engagement. On nous a soumis à un entraînement physique préparatoire rigoureux et à des cours théoriques intensifs. Le programme du camp était difficile et rigide, nous y avons été enfermés pendant 45 jours, ce qui était inhabituel à notre âge. Mais aucun de nous ne trouvait rien à reprocher. Nous savions qu'on était là pour accomplir le rêve de voler et que cette discipline nous y préparait.

Puis, la série de vols a commencé; quelques fois par jour, on faisait un tour. On utilisait de petits avions sportifs à deux places. Une place avant pour le pilote enseignant, une place arrière pour le pilote élève. Toutes les commandes étaient doubles; celui qui agissait plus vite ou plus fort prenait le contrôle. La première fois, je n'ai rien fait. Je me suis seulement apprivoisé au vol; l'instructeur me recommandait comment regarder simultanément dehors et vers le tableau de bord. La deuxième fois, j'ai commencé à

inspecter le tableau de bord pendant que je suivais les explications que le pilote associait à ses gestes. Les vols suivants, j'ai commencé à toucher les manettes, de manière à percevoir sa façon de conduire sans le déranger. Puis l'instructeur m'a suggéré les opérations et les manettes que je pouvais contrôler seul. Je les ai pris en charge progressivement. Souvent, je sentais sa main corrigeant un geste ou je recevais un conseil pour le faire moi-même. Il va de soi que dans les circonstances, je n'ai jamais senti le désir de faire autre chose que ce qu'il m'enseignait ou de rester seul...

A mon quarantième vol, je pilotais. Le transfert avait eu lieu. Celui qui savait avant de faire, m'avait aidé à faire avant de savoir ... afin de savoir. Étant déjà sensibilisé au phénomène de l'explication, j'ai été impressionné par ce processus et par son efficacité encore plus que par le vol. J'ai quitté le camp et mon instructeur avec regret. A aucun moment, je ne me suis senti gêné par ma position d'apprenti. D'ailleurs, nos instructeurs avaient tous un air fascinant...

Après une année, une fois le lycée terminé, j'ai été "convoqué" pour le service militaire obligatoire. Cette fois, je n'en avais aucune envie, je m'y suis résigné avec difficulté! Voilà neuf mois à déduire d'un des bons moments de ma vie (dix-huit ans). Je soupçonnais l'ennui et le désagrément mais pas le cauchemar à venir. J'ai enduré un traitement à la limite du supportable, j'ai vécu un enfer et cela pour un seul motif, j'ai refusé l'appriivoisement! Si mon lieutenant- instructeur avait abordé le traitement auquel il nous soumettait comme une obligation militaire, comme une manière de nous habituer à la vie de soldat, cela aurait pu passer même si aucun de nous n'aimait le rôle que nous devions apprendre. Mais il prenait la chose personnellement...

Ce fut une lutte entre lui et nous; il voulait nous démontrer qu'on était dans ses mains, qu'il pouvait faire de nous ce qu'il voulait! Cet appriivoisement forcé, doublé par l'humiliation continuelle était insupportable. Et il n'y avait pas de sortie, on était prisonnier. J'ai vu jour après jour une bonne partie de mes camarades lui céder l'initiative ou se cacher derrière une soumission formelle pour échapper à ses représailles. J'ai choisi de résister, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sans lui offrir la possibilité de me faire des ennuis plus graves. Cela l'a enragé encore plus. Je ne décrirai pas ici la chaîne impressionnante de punitions, le prix que j'ai payé pour ne pas apprendre ce qu'il voulait m'expliquer. Mon but n'est ici que de signaler la distinction entre l'esclave et l'apprenti!

Il est important pour moi d'éclaircir ce point, car autrement mon plaidoyer pour l'explication " en paire " pourrait être compris comme une préférence pour l'enseignement imposé. Dans mon expérience de pilotage, l'élève suivait son maître parce qu'il était obligé de le faire. Le consentement, qu'il s'agisse de l'intérêt pour le sujet ou pour le partenaire, est le préalable indispensable au rituel d'explication. Je suis intrigué par ceux

qui, au nom de la liberté de l'élève, prêchent la solitude en face d'un professeur neutre, vu comme un support d'information et non pas comme un précurseur qui illumine. Il y a ici une confusion. La liberté doit être assurée avant la leçon! Il faut que l'élève vienne vers son professeur dans un contexte sain, autrement les gesticulations démocratique-didactiques ne changeront pas grand chose! Ce n'est pas en indiquant aux professeurs de laisser en paix leurs élèves qu'on évitera de les soumettre à des explications dont ils ne veulent pas. Le préalable d'une explication est une question posée explicitement par l'élève ou une nécessité intellectuelle établie par le professeur pour éclaircir un sujet que l'élève veut connaître. C'est cette condition qu'il faudrait respecter pour éviter l'oppression pédagogique. Mais on ne doit pas décourager l'amour explicatif sous prétexte que la paire explicative peut fonctionner dans des contextes oppressifs.

L'importance de l'empathie entre le professeur et l'élève diminue avec l'âge mais ne disparaît jamais complètement. Elle révèle la dimension interpersonnelle de l'explication et met en évidence des aspects de motivation que la technologie de remplacement du professeur humain ne saurait contrôler. Je ne crois pas que l'ordinateur puisse nous conquérir, nous contaminer avec ses motivations, soulever nos passions, amplifier notre intérêt. Il est certain que la neutralité d'un instrument peut être préférable à un professeur antipathique, irritant, négligent. Mais cette solution ne peut devenir optimale que dans un monde où les vrais professeurs disparaissent. Quelqu'un n'ayant pas connu des moments qui révèlent l'effet catalyseur d'une rencontre réussie peut concevoir plus aisément l'instrumentalisation du processus. J'ai rencontré d'anciens élèves qui n'ont pas connu de vrais enseignants et j'ai constaté qu'ils acceptent plus facilement que moi l'idée d'un substitut du professeur. La médiocrité pédagogique est plus facile à simuler que l'art d'enseigner. La dégradation de la pratique de l'éducation peut préparer le terrain pour le passage des demi-enseignants aux programmes qui synthétisent ... leur expérience.

Pendant ma vie d'élève, une longue succession d'explications m'a formé. J'ai appris à être seul en étant avec d'autres. Le miracle des rencontres enrichissantes a effacé le goût amer des contacts malheureux. J'ai été conscient assez tôt de la valeur cognitive de la communication et de l'explication. Mais c'est la chaleur et l'amour qui entretenaient l'acte explicatif et qui me fascinaient le plus. Je voulais manifester ma reconnaissance en expliquant aux autres. Le phénomène de l'explication en soi avait commencé à m'intéresser. C'est dans cet esprit que j'ai abordé mes études universitaires...

## Chapitre A2: Un étudiant critique

- enseignement sans explication –

Une fois libéré de l'armée, j'ai pu commencer les cours à la Faculté d'électronique et de télécommunications. Le cadre était différent. Ce n'était plus l'éducation, c'était l'instruction. Nous n'étions plus obligés à une présence rigoureuse, nous n'avions plus à supporter perpétuellement les indications, les contrôles, les ordres, et les admonestations des enseignants, nous ne devions plus faire chaque jour nos devoirs, nous voir testés et évalués à tout moment, bombardés avec des épreuves écrites. Nous n'étions plus serrés dans l'état école-parents. Nous avons un autre âge, d'autres aptitudes, d'autres perspectives et d'autres motivations.

Le rituel avait changé. L'ancien cycle était basé sur "l'heure de la classe". Le professeur vérifiait d'abord l'assimilation de la matière présentée précédemment, au moyen d'une épreuve écrite ou en interrogeant certains élèves devant la classe. Puis, il présentait la nouvelle leçon; par la suite, il faisait avec nous des exercices et des dialogues d'éclaircissement. A la fin, il proposait des devoirs, de temps en temps des récapitulations, des synthèses. L'explication des enseignants consistait en une interprétation qui illumine.

Dans le nouveau rituel, le professeur présentait son cours dans un amphithéâtre ou en classe, en ne s'engageant que rarement dans un dialogue avec les étudiants; pour certaines disciplines, un "assistant" faisait des exercices de clarifications dans le cadre d'un "séminaire" séparé. Il y avait des travaux notés et des épreuves écrites finales, mais en général l'évaluation se faisait au moyen d'un examen oral individuel à la fin. Le tout se rapportait à un curriculum que les professeurs dévoilaient progressivement en ne le rendant public que partiellement et rarement. L'explication consistait à livrer progressivement la matière.

Le nouveau style produisait des effets désagréables liés à des justifications qui se voulaient objectives. L'ancien mode de l'école ne correspondait plus à notre émancipation et à notre statut, à l'infrastructure universitaire, à la dynamique, à la spécialisation et à la complexité du curriculum. La "pédagogie", c'était pour les enfants. On supposait que les étudiants étaient motivés et qu'on ne devait plus dépenser d'efforts pour les encadrer. Ils devaient être conscients et capables d'auto-organiser leur apprentissage. Le professeur était l'expert de la matière, utile pour la formuler et la décoder mais non pas pour la traiter didactiquement. Il ne devait que signaler ce qu'il fallait apprendre, en suivant l'évolution rapide de son domaine qui ne permettait plus, comme il avait été possible pour les disciplines scolaires stables présentées dans l'enseignement pré-universitaire, un traitement didactique que les étudiants ne réclamaient même pas. Ces prémisses étaient peut-être réelles, mais leurs conséquences négatives apparaissaient clairement pour moi, chasseur de l'explication. J'observais ce qui se passait avec un mélange de curiosité et de révolte. Je

constatais un très mauvais fonctionnement pour la production du savoir que l'université se proposait d'accomplir. Je relèverai ici seulement quelques-unes de mes observations.

Je commence avec le curriculum. Une bonne partie des matières imposées par le programme n'avaient pas de lien direct avec le profil de la faculté. Elles étaient traitées en conséquence sans enthousiasme ou même parfois avec de l'animosité. On prétendait nous donner la culture générale de l'ingénieur. Mais les sujets traités, " Technologie de l'acier ", " Chimie inorganique ", " Mécanismes ", " Moteurs ", etc., étaient tous généraux et précédaient les premiers cours de spécialité, ce qui détruisait nos nerfs. Pour comprendre notre attitude, je dois préciser que tous ces cours étaient obligatoires; le programme ne nous proposait aucun choix! Ne voulions-nous pas devenir ingénieurs? Il fallait payer en ingurgitant toutes ces informations exotiques, car si nous ne le faisons pas, les enseignants pouvaient nous bloquer le passage aux années supérieures et finalement à la profession convoitée.

Une autre caractéristique était l'absence de liens ou de ponts entre les matières. Chaque professeur présentait sa discipline, de façon isolée, faisant rarement référence aux autres. On avançait dans un monde de discours parallèles que nous ne réussissions pas à faire converger à cause de l'absence d'un métadiscours. On ne nous a pas offert de cartes pour nous orienter dans le vaste domaine de l'électronique et des télécommunications, pour que nous puissions saisir la position relative de ce qu'on présentait à chaque cours, le rôle des parties dans l'ensemble.

Il n'était pas question qu'une matière fût dédiée à faire la synthèse, à dresser le sommaire des grandes idées, des techniques, des étapes, des spécialisations et des paradigmes pour satisfaire notre besoin de cohérence, de vision globale, de compréhension du contexte et de l'évolution du domaine. Nous devions deviner, induire cette métathéorie par accumulation progressive car personne ne nous la présentait de façon explicite.

Je note aussi le recours à une symbolisation et à une mathématisation excessives. On négligeait les significations physiques ou les implications pratiques des phénomènes, en préférant une litanie précise de calculs qui prouvaient la validité des résultats dont personne ne doutait ! Ces amples développements mathématiques d'une opportunité discutable et d'une qualité parfois douteuse (des raisonnements incomplets, mal justifiés, ou même erronés) étaient pour le futur ingénieur un exercice d'exorcisme gratuit.

Regrettant le remplacement des explications pédagogiques par les démonstrations ou pseudo- démonstrations mathématiques, j'ai formulé ouvertement des critiques qui ont été mal reçues même par mes collègues qui

mélangeaient la souffrance avec une sorte de fascination, de respect instinctif pour toute chose difficile à comprendre. J'illustrerai avec un cas expressif. À la fin d'un cours très étoffé de mathématiques, un professeur ouvert et sérieux s'était mis à notre disposition en fixant une rencontre spéciale pour nous permettre de poser des questions. Je fus le seul à me présenter car mes collègues pensaient avoir compris..... J'avais préparé une foule de questions sur la légitimité et l'opportunité de certaines opérations mathématiques trouvées dans les démonstrations du cours. Après un dialogue qui a duré du matin au soir, presque toutes les questions sont restées sans réponse...

Si j'étais moins intimidé que les autres par l'air de scientificité que le recours intensif aux calculs mathématiques suscitait, c'était parce qu'à l'époque j'étudiais les mathématiques avec ardeur pour mieux les comprendre mais aussi afin de participer à des concours. Ma passion pour les "olympiades" (le nom donné en Roumanie à ces concours) en mathématiques continuait et je voulais offrir à mon ancien professeur de lycée la satisfaction de quelques victoires significatives. J'ai travaillé fort et j'ai obtenu de bons résultats c'est-à-dire une première place à la phase nationale du concours de mathématiques pour les étudiants des Facultés techniques et au concours de qualification dans l'équipe de Roumanie pour l'olympiade balkanique mathématique, enfin un troisième prix à ce concours à Ankara (1980). Ce n'est qu'à partir de ces résultats que j'ai pu soutenir, sans être méprisé, l'inopportunité de la mathématisation excessive.

Je passe maintenant du curriculum à la manière de le présenter. Les différences entre mes professeurs ont été importantes. Les préférences des étudiants ont aussi varié selon leur intérêt et leur vision de l'apprentissage. Quant à moi, je considère avoir bénéficié de quelques orateurs clairs, captivants, disposés au dialogue explicatif. Ces professeurs m'ont vraiment aidé à pénétrer dans leurs disciplines. Je me rappelle des cours présentés avec rigueur et clarté comme "Les bases de l'électrotechnique" ou "La théorie de la transmission de l'information", d'autres illuminant la pratique comme celui de "La technique de radio", des présentations qui ont su faire émerger les idées scientifiques majeures comme "La théorie des systèmes" ou stimuler la formation de la pensée rigoureuse comme "L'analyse mathématique".

Mon professeur de mathématiques avait une approche profonde et provocatrice. J'étais enchanté par son jeu. Il hésitait au milieu des raisonnements difficiles ou subtils, s'embrouillant, s'enlisant, revenant sur ses pas, cherchant une sortie, mettant en évidence par ce tâtonnement le moment de l'inspiration et son sens. Je savais qu'il était un grand expert de sa spécialité et je comprenais parfaitement pourquoi il ne voulait pas nous livrer les démonstrations classiques toutes faites. J'étais amusé et irrité à la fois par la réaction des collègues mécontents de ses hésitations, perçues comme des faiblesses par rapport au discours linéaire, ferme... J'étais curieux de savoir comment il faisait pour "oublier" le chemin connu et le chercher de

nouveau, avec nous, en face de nos yeux, avec nos yeux... Des années sont passées avant que je ne devienne capable de me mettre à la place de l'autre, que je provoque mon " je ne sais plus " pour chercher l'accord avec son " je ne sais pas encore ", pour traverser la rivière de son côté afin de le conduire vers le mien....

Une autre rencontre remarquable fut celle du professeur qui a été mon guide dans la " théorie des systèmes " et qui a réussi à me révéler la beauté et l'importance de l'approche systémique. Il m'a imprégné de son obsession de l'unité, de la fusion des parties et de la modélisation. Il m'a aussi incité à méditer sur le rapport entre le régime statique et le régime dynamique, entre la structure et le processus, entre le parallélisme des coexistences et la séquence des évolutions.

J'ai eu donc des vrais " maîtres ". Malheureusement, les autres professeurs ont procédé conformément à un style pédagogique que je résume sous forme de " règles ":

" Règle 1 " : la présentation doit couler de manière monotone, égale, sans souligner les idées importantes, sans offrir une hiérarchie des notions, sans arrêt pour illustrer ou résumer; on ne doit pas pouvoir saisir aisément le passage d'une idée à une autre, d'un sujet au suivant; si le sommeil gagne l'auditoire, la réussite est prouvée.

" Règle 2 " : le cours peut consister en une longue dictée, avec un rythme soutenu rendant difficile la prise de notes; ainsi, les étudiants n'auront pas le temps de penser pendant qu'ils écrivent et encore moins de poser de questions; pour qu'ils restent accrochés, il leur suffit de savoir que tout détail perdu pourra leur faire rater une question d'examen; la réussite du cours est meilleure si le discours est lu à partir de feuilles préparées à l'avance.

" Règle 3 " : pour rendre compte d'une idée abstraite, on ne doit jamais donner des exemples; on évite ainsi les analogies expressives qui peuvent diminuer l'effet des symbolisations et des calculs mathématiques difficilement déchiffrables; on ne doit pas présenter l'évolution historique des idées face aux problèmes pratiques; en général, on doit éviter toute facilitation de la compréhension qui peut réduire l'effort de l'étudiant et diminuer sa capacité de se débrouiller.

" Règle 4 " : l'ingénieur est un pragmatique qui ne doit pas être perturbé dans son activité par des dimensions esthétiques, intellectuelles ou affectives; il faut donc éviter les incidents qui peuvent stimuler ces tendances. Pour atteindre ce but, il faut épurer la présentation de toute incitation spirituelle, de tout élément redondant et superflu qui relève de l'art, de l'humanisme ou de la philosophie, de toute impureté qui dégraderait un discours parfaitement technique; il va de soi que les présentations pluridisciplinaires, passionnées, subjectives sont condamnables.



“ Règle 5 ”: l’évaluation des étudiants doit être une opération administrative et coercitive obligeant les victimes à supporter le cours, car l’obtention d’un diplôme doit se payer au moyen de toutes ces souffrances. On n’a pas le temps de répondre aux interrogations; ainsi, l’étudiant passe son examen sans aide d’aucune sorte. L’évaluation par le choix au hasard d’un billet d’examen mesure la chance de l’étudiant, ses nerfs, son talent à digérer le cours en quelques jours. Peu importe s’il l’oublie par la suite, l’apprentissage aura eu lieu!

Le contexte et le style décrits à travers les “ règles ” énoncées ci-haut ont produit des diplômés prématurément blasés. L’enthousiasme initial, la curiosité, la disponibilité avaient fondu dans la vague de sujets obligatoires, peu attirants, mal enseignés et curieusement évalués. Dans mon cas, les attractions et les problèmes de l’âge ont fait le reste; au lieu d’endurer les interminables et ennuyantes dictées qu’étaient les cours, il m’était nettement plus agréable de me promener dans le jardin botanique avec la personne aimée, de participer aux fêtes, de lire et de discuter sur des choses qui me passionnaient ou d’étudier les aspects d’électronique qui m’intéressaient.

En tant que récitants, les professeurs ne pouvaient être des partenaires. Tant qu’on pouvait se procurer leurs notes de cours, la présence au cours n’était pas très utile, quand cela n’était pas obligatoire. L’évaluation par l’examen final encourageait encore plus le passage à l’instruction asynchrone. On devait seulement s’efforcer d’obtenir la meilleure place possible au moment du classement des étudiants afin d’obtenir les postes réservés par l’état roumain. Pour y arriver, il suffisait de réussir lors de courtes et héroïques campagnes appelées “ sessions d’examens ”...

Je vivais dans un univers de disciplines, de professeurs et d’étudiants, mais sans explication, et bien loin de la profusion d’explications à laquelle l’école m’avait habitué. Maintenant, elles me manquaient. J’ai exprimé mon mécontentement, en le confrontant avec la position de mes collègues. On m’a fait remarquer que cette faim d’explications était la marque de personnes habituées à être aidées et incapables de se débrouiller seules ... Peut-être que c’était parfois le cas, mais je m’inscrivais en faux devant cette généralisation. Je ne voulais pas perdre de temps inutilement et je n’avais pas peur d’être aidé. J’avais atteint un niveau de performances, confirmées dans des compétitions mathématiques, qui supposait un haut degré d’initiative et de créativité, à la suite d’un entraînement qui combinait harmonieusement la recherche autonome des solutions et la lecture attentive des explications des autres. Les deux activités étaient complémentaires, synergiques. Les bons professeurs que j’ai connus avaient su alterner l’explication détaillée et la proposition des problèmes. Ils n’avaient pas caché leurs lacunes didactiques avec l’excuse classique: “ Je ne lui explique pas pour qu’il apprenne à se débrouiller ”. Ils ont aimé leurs élèves suffisamment pour respecter leur énergie et leur temps et pour leur épargner l’effort de réinventer la roue...

*Celui qui n'a pas une expérience fructueuse de consommateur d'explications peut arriver non seulement à ne plus en ressentir le besoin mais aussi à ne plus en ressentir la perte... L'autonomie ne s'accompagne-t-elle pas dans ce cas d'ignorance? Entre ne pas dépendre de l'aide et ne pas savoir en profiter il y a une marge!*

J'ai souvent demandé et reçu des explications sur des sujets que je connaissais mieux que certains qui n'en avaient pas besoin. La différence ne tenait pas seulement à ce qu'on entendait par "comprendre" mais aussi par "expliquer". Pour moi, deux explications qui arrivaient à la même conclusion par un chemin différent n'étaient pas équivalentes. Je m'intéressais au même sujet traité des deux façons différentes parce que chacune me révélait de nouveaux aspects dont la fusion par osmose conduisait à une image plus riche, plus profonde. Ne peut-on pas écouter à plusieurs reprises une mélodie et l'entendre chaque fois différemment ?... Les présentations multiples d'un même sujet m'intéressaient parce que la dynamique des explications avait des significations et des raffinements que leur conclusion ne pouvait pas condenser. Je reviendrai plus tard sur ce point.

Ma soif d'explications avait été mise à rude épreuve pendant mes cinq années d'études à plein temps à l'Université. A la fin, j'ai décidé de dédier ma thèse à l'étude du discours et du rituel de présentation de l'électronique. Je voulais diviser le travail en deux parties: une introduction dans laquelle l'analyse de la situation actuelle était suivie d'un plaidoyer pour un changement de style explicatif et un cours d'électronique présenté comme exemple de ce nouveau style.

J'ai fait appel à mon professeur de "théorie des systèmes", que je voyais comme le seul souteneur possible d'une telle thèse encombrante et exotique. Je lui ai remis une première version du plaidoyer sur l'explication pour savoir si je pouvais continuer dans cette voie sans risquer une grave confrontation avec la commission d'examen. Je savais que le texte intriguerait, par son ton critique, par son orientation humaniste, par son caractère socio-psycho-pédagogique et par son sujet insolite. J'avais essayé d'objectiver et de légitimer mon intervention en proposant un modèle quasi-mathématique qui estimait les pertes économiques dues à l'enseignement défectueux de l'électronique! Ayant des effets matériels, l'optimisation de l'explication devenait légitime... Mais au-delà de ces justifications, le but intellectuel et humain de ma démarche transparaissait partout. Le titre, "Esthétique et amour dans l'enseignement de l'électronique", reflétait l'esprit de mon texte.

Le professeur m'a retourné mon projet-manifeste avec des remarques prévisibles: je pouvais conserver mon message pour un livre dédié à mes obsessions mais maintenant je devais prouver que j'étais un vrai ingénieur. Mon sujet n'était pas opportun dans ce contexte car il aurait fallu une autre commission d'évaluation, spécialisée plutôt en sciences humaines qu'en électronique; je ne pouvais pas conquérir ceux que mes critiques visaient directement; le ton poétique et le fond flou présageaient d'une sentence de "non-scientificité".

J'ai senti que mon maître voulait m'épargner une confrontation pénible. Ainsi, je ne me suis plus acharné à prouver que l'explication de l'électronique était importante (ce fait est encore valable) autant sur le plan pratique que conceptuel et qu'elle demandait une ingénierie du savoir qui ne pouvait émerger que d'une profonde expertise. J'ai renoncé au plaidoyer explicite pour l'explication et je me suis résigné à la démonstration implicite de mon point de vue, dans une thèse dédiée à "l'analyse qualitative des systèmes non linéaires", qui a réclamé un appareil mathématique très difficile et a été reçue avec respect... Pour passer cet examen, j'avais reculé.

J'ai essayé cependant de donner à ma thèse un souffle "explicationniste". Par exemple, à la place de l'habituelle cascade théorie- application, j'ai introduit une organisation circulaire : apparition des problèmes, recherche des instruments théoriques nécessaires, développement de la théorie manquante et retour aux problèmes pour les résoudre. J'ai traité avec soin l'émergence des questions. J'ai fait de larges commentaires sur les implications et les motivations, au début et à la fin de tout nouveau développement.

L'auteur qui construit son sujet comme il le ferait avec un casse-tête a cependant une image d'ensemble que son lecteur n'a pas! Mon sujet n'était pas un casse-tête. Il évoluait par superposition de plusieurs couches dont chacune avait un sens global. Le lecteur de ma thèse pouvait percevoir d'abord le grand paysage afin de voir où se plaçait le détail qu'il devait comprendre. Puis, il avait la possibilité de revenir sur ses pas, cette fois en position ou posture de chercheur avisé. Il recevait des démonstrations seulement après en avoir saisi la raison d'être. A la fin, il avait une autre image à laquelle il pouvait rattacher ses connaissances. J'avais donc essayé de combiner la rigueur justificative et l'expressivité révélatrice pour montrer comment je voyais l'explication complète, évolutive et généreuse. La réussite était partielle, mais mon aventure "d'explicateur" commençait ...

### Chapitre A3 : Un intégrateur d'expériences

- un novice, un expert, un enseignant, un auteur, un ingénieur, un théoricien –

À partir de ce point, mon histoire ne peut plus continuer sur une seule corde. Une fois les études en électronique terminées, je me suis engagé dans de multiples aventures qui m'ont permis d'observer l'explication à partir de plusieurs points de vue qui se sont influencés les uns les autres. D'un côté, j'ai travaillé comme ingénieur dans le centre de service après-vente d'une grande entreprise qui produisait des appareils électroniques (téléviseurs, radios, ordinateurs). C'est là que j'ai étudié le fonctionnement et le dépannage des appareils avant de me dédier à la formation professionnelle des techniciens en électronique. J'ai mis au point un centre de formation, un programme d'enseignement, des laboratoires et un système de tests. J'ai conçu des cours et je les ai enseignés. J'ai rédigé de la documentation technique et le bulletin de l'entreprise. J'ai combiné l'instruction, la pratique, la documentation et la communication dans un système unique qui visait l'amélioration de la performance par le développement de compétences. En un mot, j'ai été ingénieur de la formation et technologue de la performance.

Après le travail, le soir à la maison, je donnais des leçons privées de mathématiques pour des élèves de lycée qui voulaient préparer leur examen d'admission aux universités. Je faisais cette activité pour des raisons matérielles mais aussi pour trouver de meilleures méthodes d'enseignement, pour le plaisir de guider un autre en mathématiques et pour observer le déroulement de l'explication mathématique, cette fois en position d'enseignant. Tard dans la nuit, j'étudiais les mathématiques dans le cadre d'un nouveau programme universitaire de cinq ans (sans choix de cours et sans équivalences) où je m'étais inscrit afin d'approfondir ma compréhension des mathématiques et d'authentifier mon expertise. Le programme choisi (télé-enseignement) exigeait la lecture de cours, la rédaction de travaux et la soutenance d'examens finaux, ce qui me permettait de vivre et d'observer de l'intérieur l'explication asynchrone dont j'avais vu de l'extérieur l'effet sur mes élèves. Enfin, dans les temps libres laissés par ce programme de vie très chargé, je pouvais méditer comme théoricien sur ce que j'observais sur le terrain comme ingénieur, enseignant et étudiant. Je cherchais dans la littérature des cadres d'observation, d'analyse et des descriptions appropriées pour l'explication et j'imaginai des expériences que je mettais en pratique dans mes trois champs d'activités.

Dans mon témoignage, je ne peux séparer les fonctions d'enseignant en mathématiques de celles de formateur dans l'industrie des télécommunications, d'ingénieur d'instruction, d'auteur de cours, de concepteur de didacticiels, d'étudiant en mathématiques que j'ai occupées entre 1984 et 1990. Il est évident que l'obsession de l'ingénieur pour l'optimisation du rapport entre l'effort et l'effet a empreint la manière avec laquelle, comme professeur ou auteur, je structurais les leçons. Par ailleurs, mon observation des besoins des techniciens en électronique et ma réflexion sur l'apprentissage des adultes déterminaient le discours que je

tenais comme enseignant aux élèves de lycée. Enfin, la perception du mixage entre instruction, documentation, coopération et expérience, requis pour l'optimisation de la performance et pour l'apprentissage des procédures, modifiait ma vision comme modélisateur de l'explication. En même temps, comme étudiant-lecteur, je souffrais de l'organisation défectueuse du contenu des livres que j'étais obligé d'utiliser, ce qui influençait ma rédaction de cours et mon enseignement. Enfin, en tant qu'enseignant de mathématiques, je formais des paires serrées avec mes élèves; je comprenais leurs difficultés et je découvrais des stratégies de synchronisation que j'utilisais en tant que formateur, auteur et modélisateur. Comme chercheur, je pouvais comparer, intégrer et orienter ces expériences.

Cette richesse des positions d'observation devait me permettre de décrire le phénomène grâce à une introspection sous plusieurs angles. Mais il est difficile de distinguer rétroactivement les rôles que j'ai tenus, de séparer mes différents positionnements. Malheureusement ma description ne peut pas refléter avec assez de finesse les interférences, la fusion des observations, la distribution de mon aventure entre la condition d'élève, d'enseignant, d'auteur, d'ingénieur, de chercheur. Chacun des fils directeurs de mon expérience a une logique et une histoire qui se prêtent bien à une présentation évolutive séparée. Mais si j'oubliais de signaler les liens, les influences réciproques, je perdrais la vérité de l'ensemble. Me voilà poussé vers un exercice de présentation "stéréophonique".

Je dédierai à l'enseignant, à l'étudiant et à l'ingénieur des chapitres séparés mais corrélés. Quant au modélisateur de l'explication, je lui réserverai quelques remarques incluses dans ce chapitre, car à l'époque ce rôle était plutôt superposé aux autres et n'avait pas d'existence à part entière. Les observations que j'ai faites en tant que théoricien entre 1983 et 1989 ont été récupérées, complétées et systématisées plus tard dans le contexte de cette recherche doctorale. J'aurais pu exposer pour le moins les paradigmes qui ont attiré mon attention, révéler leur influence mais je ne veux pas m'étendre sur ce sujet. J'ai dédié ce chapitre à l'observation *personnelle directe* sans recourir aux commentaires bibliographiques car lire ce que les autres écrivent sur un phénomène et sur sa description est un mode indirect d'observation. D'ailleurs ma conception de l'explication a émergé de mon expérience. Les livres m'ont influencé plutôt comme illustrations de l'explication que comme modèles pour son étude.

La pauvreté explicative qui régnait dans l'enseignement de l'électronique et que j'ai retrouvée dans les cours de mathématiques m'a déterminé à méditer sur l'importance de l'explication pour l'accélération de l'apprentissage et comme processus génératif déterminant pour l'intellect humain. Cette intuition a donné suite à une longue observation systématique. Pour aborder le problème de manière rigoureuse, j'avais besoin d'un cadre théorique adéquat. Sans s'inspirer d'une théorie explicite, mes efforts de méditation et de modélisation ne pouvaient pas parvenir à une convergence intensément recherchée.

Les théories pédagogiques étaient centrées sur la méthodologie de l'enseignement et moins sur la phénoménologie. Leur but était de faciliter l'apprentissage et non pas d'observer le processus de l'explication comme phénomène intéressant en soi. Quant à moi, je voulais une modélisation neutre, "physiologique", macroscopique et microscopique de ce qui se passait pendant la danse explicative. J'ai étudié la théorie des systèmes et la théorie des ensembles flous qui correspondaient au caractère complexe et plastique de mon problème. Ce n'était pas assez. Il y avait dans mon problème une multitude de dimensions, d'alternatives, d'ambiguïtés, de qualités, d'influences, de processus que je ne réussissais pas à exprimer avec l'appareil des sciences exactes. Les études en mathématiques (avec des accents sur la topologie, l'algèbre, l'analyse) n'ont fait que renforcer mon impression d'incongruité.

La méditation sur le problème et l'analyse des bases méthodologiques et épistémologiques utilisables pour le résoudre m'ont conduit à une mise en question des prémisses de la modélisation scientifique. J'ai rédigé un "manifeste existentialiste" (1983) suivi d'un "manifeste osmotique" (1987) et d'un "manifeste évolutionniste" (1988).

Le premier était basé sur l'hypothèse-intuition que l'existence est irréductible à une décomposition atomique ou à une modélisation en termes physiques classiques. L'être, la séparation intérieur- extérieur, la surface qui nous démarque, la liberté de choix, les mystères du UN et de l'initiative indiquent une dimension spéciale du monde qui nous est dévoilée par introspection. *Pour expliquer les phénomènes à acteurs humains, il faut tenir compte de notre individualité libre.*

Le deuxième manifeste était complémentaire: il se basait sur l'intuition de l'osmose, de l'interférence universelle des existences (conscientes ou non). Deux particules, deux cellules, deux partenaires, deux planètes sont liés par des fils invisibles mais repérables par leurs effets: l'interaction et la formation des êtres qui les englobent. Chaque entité a un sens séparé et un sens de cellule dans un organisme plus grand. Le mystère de cette dualité est fondamental. Le résultat d'une telle vision était le remplacement du couple (la paire) vu comme "un ensemble de deux existences qui communiquent" par celui de "l'organisme bipolaire". *Les rapports externes entre les "parties" deviennent ainsi des processus physiologiques internes pour "l'être système" qui les englobe.*

Mon troisième essai-révélation percevait le temps comme une dimension offrant un volume aux choses et aux concepts. Au lieu de percevoir l'état présent d'un système comme une situation qui détermine son évolution, il percevait l'histoire du système comme source de son état actuel et futur. Ainsi, il niait la séparation entre la structure et le processus, et déclarait qu'observer l'histoire d'une existence est essentiel pour pouvoir comprendre son essence car l'être est un fleuve, une évolution et non pas une structure. La

mémoire est le témoin de cette continuité. *Dans une telle optique, l'apprentissage n'est plus le "chemin vers le sujet" mais "le déroulement du sujet" .*

En combinant ces trois visions, on conclut que les " fractals " ne font que modéliser une ontologie fluide et distribuée. J'ai déjà annoncé que je n'exposerais pas les lectures variées (en biologie, sociologie, méthodologie, physique, mathématiques, théorie des systèmes, philosophie, littérature) qui ont engendré ces idées. Je vais extraire de la chaîne de mes rencontres théoriques un seul exemple, le contact avec le livre, la "Psychologie Consonantiste" de Stefan Odobleja (édité à Lugo en deux volumes, diffusé en 1938 et 1939 par la "Librairie Maloine" de Paris, réédité en roumain en 1982 par les éditions "Stiintifica si enciclopedica").

Il n'est pas question de faire l'analyse de cet ouvrage formidable. Si le livre est passé inaperçu, c'est parce que l'auteur, au lieu de continuer ses recherches et publications, a été traqué après 1944 par le nouveau régime de terreur et obligé à devenir ... berger pour survivre! Ce n'est que trente ans après que les autorités communistes en quête de gloire scientifique ont compris cette perte et ont lancé une campagne pour réhabiliter une œuvre qui avait fondé la théorie du feed-back quelques années avant Norbert Wiener.

Dans ce livre, Odobleja ne faisait pas seulement un geste majeur pour la théorie cybernétique des systèmes, mais il devenait le précurseur de plusieurs paradigmes modernes. L'organisation et le sens de son message m'avaient impressionné sur plusieurs plans. Ce n'est que par économie que je me limite à rappeler l'objectif central qui était de proposer une nouvelle vision sur la psychologie, axée sur la consonance (ou la résonance cognitive). Pour Odobleja, les idées ou les états cognitifs en soi n'étaient que des abstractions réductionnistes. Ce qui existe comme fait réel, complet, est le phénomène bipolaire de consonance cognitive qui permet la compréhension. La statique est remplacée par une dynamique conceptuelle, la mécanique mnésique par une énergétique. Par résonance, par accord entre deux images, apparaissent les concepts. La synchronisation et la résonance cognitive seraient les problèmes principaux de la psychologie. Les idées ont en plus d'une dimension subjective, une dimension " communicationnelle "; elles seraient l'effet et l'expression d'une interaction. La conséquence de cette vision serait que le message et le dialogue sont liés indissolublement et se déterminent réciproquement comme l'état et la transition d'un système.

En raison de mes préoccupations, je m'étais tout de suite mis en accord avec cette approche **dialogique** et j'ai saisi intuitivement les implications que cette théorie pouvait avoir pour le problème de l'explication. L'optique "consonantiste" illuminait mes observations sur l'effet de la danse enseignant-apprenant qui soutient la " transmission des connaissances " ... ou plutôt la réverbération de leurs significations. Le chapitre suivant mettra en évidence ce phénomène

## Chapitre A4: Un professeur de mathématiques

- la stratégie, la préparation, la présentation et l'évolution de l'explication –

### Le cadre

En Roumaine, l'admission aux universités était sujette à des examens difficiles. Les mathématiques en étaient la base, surtout pour les facultés techniques. On testait la résolution de problèmes, ce qui réclamait une compréhension assez approfondie des mathématiques. C'était la coutume de prendre des leçons privées pour la préparation des examens, d'habitude pendant la dernière année du lycée. À cause de mes performances dans des compétitions tant nationales qu'internationales de mathématiques, je fus un enseignant très en demande. En neuf ans (1983-1992) j'ai assisté presque cent élèves et obtenu un taux élevé de succès. Pour moi ces résultats confirmaient mon approche d'enseignement. Mais pour les interpréter, je dois analyser les détails du rituel que j'employais. Cette partie est dédiée à la description de l'aventure.

Je crois que la connaissance du contexte est nécessaire pour comprendre la réaction des élèves, saisir leur assiduité ainsi que l'intensité de leur motivation. *Libéré des restrictions du côté du "vouloir" (les lycéens voulaient réussir), j'ai pu explorer le "pouvoir" du pas de deux (de la paire) pour l'explication.* Dans le système social en place à ce moment, ne pas réussir l'examen d'admission avait de lourdes conséquences; celui qui était "refusé" était destiné à une vie misérable dans la "couche prolétarienne" dans un système où la "dictature du prolétariat" masquait les privilèges d'une mafia politique. Le diplôme universitaire permettait une condition un peu plus supportable. "Entrer dans une faculté" signifiait éviter une noyade. Un autre détail d'importance c'est qu'un jeune qui "coulait" l'examen devait supporter un service militaire presque deux fois plus long. Ainsi on peut entrevoir "l'enjeu" et la pression correspondante. "L'admission" à l'université était un événement déterminant qui motivait et rendait la "préparation" à l'examen très sérieuse.

L'éducation et les diplômes étaient vus comme un signe de succès et de noblesse. C'était une honte d'être un étudiant faible ou de travailler sans avoir un diplôme supérieur. Même les dirigeants incultes du parti s'étaient inventé un système qui attestait de leurs études supérieures... Dans l'espace des valeurs collectives, je rappelle le lien social serré et prolongé entre les parents et leurs enfants, une tradition renforcée par une solidarité rendue nécessaire par la vie difficile. Les parents soutenaient leurs enfants (boursiers ou non) pendant l'université et faisaient des efforts financiers héroïques pour les aider à suivre des études universitaires. Voilà les origines de cette demande massive de "préparateurs". Voilà le cadre qui m'avait amené une centaine de lycéens qui se sont arraché mes explications, ayant face à eux à affronter un examen



critique et derrière eux des parents qui ne devaient pas être déçus! C'était une position favorable pour l'éducateur qu'on pourra comparer avec celle du chapitre A7.

### **Les acteurs et les groupes**

C'était une tâche difficile d'expliquer à nouveau, dans 8 mois et à raison d'une ou deux séances par semaine, huit manuels de mathématiques (deux en géométrie, quatre en algèbre et deux en analyse) et les stratégies de résolutions de problèmes correspondantes. Les connaissances que les élèves avaient déjà sur chaque chapitre ne simplifiaient pas toujours la situation. Il était plus difficile de corriger une idée erronée que de présenter des idées nouvelles, sans parler des mauvaises habitudes de raisonnement et de recherche...

La majorité de mes élèves étaient considérés moyens. J'acceptais plus rarement les élèves faibles, car je n'avais pas assez de temps pour les rendre compétitifs. Enfin, les meilleurs élèves faisaient moins de "préparation", sauf quand leurs parents ne voulaient prendre aucun risque. En pratique, ils n'avaient pas tort, car une année de "préparation" pouvait les rendre plus performants dans les concours d'admission, parfois de manière spectaculaire. J'ai eu la satisfaction de voir des décrocheurs parvenir en quelques mois à de bonnes positions dans des compétitions en mathématiques à la grande stupéfaction de leurs professeurs!

J'ai pu travailler avec des petits groupes homogènes qui m'ont permis de développer un protocole simplifié. Quand je présentais une démonstration ou que je cherchais une solution avec eux, étant donné qu'ils étaient au même niveau, je pouvais travailler avec plusieurs à la fois. Aussi, quand je me concentrais sur un élève pour lui faire des suggestions ou répondre à sa question, j'arrivais à le faire de manière à intéresser les autres. Le partage de l'explication dans un contexte aussi favorable fonctionnait très bien; les deux à quatre élèves de niveau semblable coopéraient et s'influençaient positivement. Pour des raisons psychosociales, ils se sentaient même mieux ensemble que dans le cas où j'étais seul avec chacun. L'intensité de la relation étroite entre le professeur et l'élève était fertile mais stressante; il fallait des pauses qui permettaient à l'élève de se ressaisir, de s'organiser selon son rythme intérieur. Il était préférable de changer de temps en temps le partenaire de la danse pédagogique pour permettre à chacun de passer de la position de participant à celle d'observateur du dialogue entre l'enseignant et un autre élève. L'efficacité de ce processus dépendait du petit nombre d'élèves. Dans une classe de 30 élèves par exemple (éventuellement non homogène) le fonctionnement aurait été défectueux, car un élève n'aurait entré que trop rarement en relation directe avec le professeur.

## La reproduction, la liberté, l'efficacité

J'ai travaillé pour optimiser mon processus d'enseignement, ce qui a augmenté la performance de mes élèves partenaires. La grande majorité a réussi à des concours où le nombre de candidats par place était élevé. On pourrait se demander pourquoi j'ai obtenu des progrès assez spectaculaires avec des personnes exposées depuis tant d'années, sans succès, aux mathématiques scolaires? Pourquoi j'ai pu découvrir, dans la majorité des élèves de 18 ans venus vers moi avec un diagnostic de "non doué", de "paresseux", voire "d'incapable", un potentiel qui a permis une maîtrise des mathématiques pour le moins raisonnable? Ce sont des questions importantes pour cette étude.

Je commencerai par signaler la *stabilité de la matière et du contexte* qui m'ont permis d'apprendre à expliquer de la façon la plus appropriée d'assimiler une procédure: en l'exerçant à chaque occasion afin de l'améliorer continuellement. Le faire et le savoir-faire se complétaient et se développaient en spirale.

Je fixais moi-même le curriculum des rencontres. J'aurais pu réduire la répétition des sujets si j'avais permis à chaque élève d'établir son cheminement dans la matière, son propre curriculum et me considérer comme un "facilitateur" prêt à répondre aux questions. Au début, j'ai eu le goût de le faire, provoqué par la théorie de l'adaptation aux besoins de l'autre et par mon obsession pour la liberté. Pourquoi et comment conduire quelqu'un dans *ton* paysage? C'est l'autre qui s'oriente dans le sien et demande de l'aide quand il en sent le besoin. Tout cela sonne bien...

Mais pour ces présentations et recherches démonstratives, après quelques années et maints essais, j'ai constaté que si l'élève déterminait le chemin de l'explication du curriculum et que l'enseignant était là pour répondre aux questions, le résultat était plutôt inefficace. J'ai dû recourir à une approche où "l'enseignant conduit", où "l'enseignant gère une recherche collaboratrice" afin d'avancer de façon intensive et fertile. Le droit de conduire le dialogue était peut-être plus paisible pour certains, mais les résultats étaient pauvres. Les élèves, intéressés à progresser rapidement et profondément, ayant confiance en mon expérience, ont préféré que je les guide vers le point où ils devenaient sûrs du succès. J'avais à répondre à une seule grande question, posée dès le début: comment y arriver? J'établissais le parcours et ils me demandaient seulement ce qu'il leur fallait pour me suivre.

Quelles sont les raisons de cette apparente infirmation de la théorie du "user-driven" ou d'une pédagogie ouverte mettant l'élève au centre du processus? Le contexte, sans doute. Les élèves ne pouvaient pas être sûrs qu'ils saisissaient correctement ce qui leur manquait - et en effet, souvent ils se trompaient- et ils

n'avaient aucune envie de risquer. Ils percevaient aussi que ma prestation était plus enrichissante quand je déroulais la leçon ou que je dirigeais la recherche conformément à un plan préétabli et déjà testé par mon expérience que pendant les moments de mes divergences où je me laissais entraîner dans les méandres des diverses questions collatérales. Peut-être était-ce aussi que le temps était limité et que toute divagation se payait cher...

Plus important encore, j'avais trouvé un protocole de négociation de la continuation de l'explication qui convenait à la situation. Quand je faisais un exercice de recherche, je demandais des suggestions que j'analysais avant de continuer. Quand je faisais une présentation, au lieu d'inviter les élèves à décider de la direction de mon discours, je les consultais continuellement au niveau de la profondeur. J'ai pu ainsi profiter de l'organisation stratifiée de mes leçons. Je signalais en quelques mots le nouvel item qui entrait en scène et, s'il était déjà connu, les élèves me demandaient de passer plus vite. Parfois, orienté par mon expérience, je vérifiais leur impression, parfois je passais tout de suite au prochain point. Quand les élèves me demandaient des détails, je le faisais jusqu'au niveau de profondeur qui s'avérait nécessaire. C'est ainsi que nous partagions le pilotage sur le niveau nécessaire d'explication dans une démonstration où le parcours était fixé à l'avance, ce qui me permettait de tenir compte des apprenants tout en profitant de l'expérience que j'avais gagnée en répétant l'explication.

Ceci n'est pas un plaidoyer pour l'inertie, les curriculums de pierre, les contextes glacés, l'homogénéisation des élèves et les explications imposées. *Ne faudrait-il pas penser que la variation du système explicatif (sujet, types d'élèves, parcours du discours) se paie par un effort supplémentaire de la part de celui qui explique et diminue les chances qu'il le fasse de manière optimale? Dans un univers informationnel et organisationnel dynamique, dans une culture de personnalités divergentes et autonomes, ne devons-nous pas nous attendre à une baisse de la qualité et de l'efficacité explicative? Si nous ne gardons pas un secteur curriculaire plus stable comme dénominateur commun et comme support pour des explications profondes, ne risquons-nous pas l'atrophie et peut-être même l'extinction des réflexes explicatifs? ...*

Je disposais d'une formidable expérience de résolution de problèmes. Je savais profondément ce que je voulais expliquer! Je connaissais intégralement un tas de recueils de problèmes; je savais lesquels ouvrent de nouveaux horizons et lesquels ne font que consommer du temps et de l'énergie. Ma propre initiation n'était pas loin, ma position actuelle étant presque symétrique, je me rappelais bien les moments clefs du rituel vécu comme élève avec mes professeurs, rituel qui me rendait comme dans un miroir l'aventure de dialogue présent. Ayant été attentif à l'aventure de mon apprentissage par contact direct ou indirect (apprentissage qui se continuait d'ailleurs, car j'étais à l'époque étudiant en mathématiques), je saisisais les

points difficiles ou les moments de révélation; ainsi, je pouvais prévoir des questions, éviter des blocages, stimuler des intuitions, préparer des éclaircissements. J'avais une bonne expertise du sujet et une expérience réfléchie de ma propre initiation qui me permettaient de deviner des images perçues par mes élèves partenaires.

### **L'expertise explicative**

Pour agrandir mon efficacité et comprendre mieux ce qui la détermine, j'ai transformé mes leçons en un champ d'expérimentation. J'ai modifié continuellement la façon de présenter la même matière, changeant la structure des parties, l'ordre des idées, les problèmes révélateurs, le style d'exposition, le mode de dialogue, le rituel de la recherche coopérative.

J'ai revécu cent fois le même problème. Le souvenir de mes maîtres d'école m'a déterminé à chercher la capacité d'attaquer les dilemmes avec une perpétuelle innocence comme si c'était la première fois. Ça n'a pas été facile. J'avais tendance à prendre la voie connue au lieu de faire ce que je prétendais faire: chercher sincèrement la solution en appliquant seulement les règles, les connaissances et les stratégies que j'avais mises à la disposition des élèves. Pas à pas, j'ai réussi à me dédoubler, être enseignant et élève simultanément, ce qui m'a aidé à comprendre et à mieux guider. J'ai appris à oublier l'ancienne solution pour m'accorder à la méconnaissance vécue par l'autre. Dans la toile de fond de mes raisonnements, le souvenir diffus de mes expériences à solutionner des problèmes et à fournir des explications polarisait ma pensée et mon discours.

Je connaissais de mauvaises journées quand mon inspiration et ma concentration diminuaient à cause de la fatigue, du stress ou des sujets trop ennuyeux. J'étais parvenu à une perception interne de cette baisse d'énergie pédagogique. Elle était d'ailleurs confirmée par la réduction de ma capacité à convaincre et par les difficultés des élèves qui, durant ces jours, comprenaient plus difficilement mais sans savoir pourquoi ....

D'autres fois, c'était le tour des élèves de se présenter en moins bonne forme et moins disposés à comprendre. J'ai appris à saisir ces moments et à changer mon attitude en conséquence. Souvent les changements de rythme, les surprises, le jeu, les sujets excitants sans aucun lien avec la leçon, la détente provoquée par une blague, les histoires qui faisaient appel à la sensibilité, réussissaient à piquer la curiosité d'un élève, à attirer son attention et à stimuler sa réceptivité. A la recherche du climat favorable, j'ai enseigné dans les clairières près de ma maison, j'ai fait des pauses musicales, j'ai déclenché des débats philosophiques et nous avons parlé de la vie... Ces incursions extra mathématiques nous ont rapprochés, ont agrandi l'empathie, ont donné un autre sens à nos rendez-vous, ce qui, au-delà de la valeur humaine, a eu un

effet stimulant sur la consonance et sur la perméabilité de notre relation cognitive. Je comprenais mieux le spectacle apparemment secondaire offert par mes anciens maîtres.

Mon explication se portait de mieux en mieux. Les huit mois étaient devenus suffisants. Après quelques années de répétition, des chapitres dont la présentation incomplète m'avait demandé au début quelques séances, étaient compris aisément dans une heure! La réaction des élèves et les tests mettaient en évidence que je devenais de plus en plus clair, à cause du développement de mon expertise d'expliquer. J'apprenais progressivement le sujet, les élèves, le dialogue, le contexte, les stratégies, le métabolisme du système de mon intervention.

J'observais donc, en me comparant avec moi-même, qu'un professeur peut être meilleur qu'un autre au delà de la relativité de l'idée de bon enseignement! Il est meilleur par son savoir du sujet, par son talent d'enseigner et son expérience, mais aussi par la concentration avec laquelle il se prépare et il joue. Pour chercher le maximum de la communication à tout moment, je comprenais qu'il ne faut pas économiser l'énergie! Même si j'expliquais une chose à maintes reprises, avant de la revivre j'y pensais avec intensité; je récapitulais les points importants ou délicats; je pensais encore une fois à la séquence optimale. J'avais vu mon père procéder ainsi tout au long de sa carrière. Il préparait les leçons comme un acteur qui veut conquérir son public à chaque représentation. Souvent, quand mes élèves partaient, je restais écrasé sur ma chaise, incapable de parler pendant de longues minutes, complètement épuisé ... Aujourd'hui j'en arrive aux réflexions suivantes.

*L'enseignant et le sujet sont peut-être les mêmes, mais l'élève change, et par lui, chaque explication devient unique! Un professeur ennuyé par la répétition du sujet ne doit pas faire payer ses élèves. Le guide fascine le visiteur s'il offre chaque fois une prestation maximale, s'il retrouve perpétuellement la fraîcheur, s'il observe son public et invente! C'est ça le concert "live"! Autrement, un instrument (livre, disque, didacticiel) qui conserve mieux le discours, serait peut-être préférable. Une telle prestation demande au vrai guide, un esprit innovateur, en plus de la parfaite maîtrise de la matière, de l'art du monologue, du dialogue et de l'observation, de la capacité de concentration à la fois sur le sujet à l'étude et sur le partenaire. Réaliser un tel jeu pédagogique simultanément avec 30 élèves et gérer sa classe dans le même temps, demande un effort colossal. On comprend aisément pourquoi il y a tant de niveaux de prestation et tant d'enseignants médiocres...*

Ne devrions-nous pas nous demander aussi qu'est-ce qui pourrait soutenir, qu'est ce qui pourrait motiver l'activité herculéenne d'un grand professeur. Qu'est-ce qui le détermine à consommer dix fois plus d'énergie que d'autres qui sont récompensés financièrement de façon identique? Dans les activités où les

résultats des efforts sont, sinon mesurables, pour le moins visibles et immédiats, la récompense peut renforcer vigoureusement la motivation. Mais le professeur ne dispose pas d'un tel feed-back, surtout venant des dimensions plus profondes de son action sur l'intelligence et l'affectivité de l'élève, difficilement évaluable parce que trop intimes. Le bonheur d'aider, l'envie de faire connaître, le plaisir d'expliquer, le goût de la présentation esthétique, l'obtention de l'estime ou de la reconnaissance doivent soutenir son dévouement. Un retour de cette nature ne fonctionnait-il pas dans les sociétés qui ne s'étaient pas encore "émancipées" de leurs enthousiasmes, qui cultivaient la solidarité et les satisfactions de l'âme et qui entouraient le professorat avec une auréole de respect? Le professeur n'opère plus de la même façon dans une société pragmatique qui n'encourage plus les effusions. Il ne serait pas paradoxal de voir diminuer le nombre de maîtres d'école ou d'auteurs de livres fournissant des explications passionnées.

### **La dimension heuristique**

Quand on dilue l'explication, on ne peut facilement saisir la diminution de la valeur de la leçon. Pour réduire le volume de l'explication et l'effort correspondant de façon imperceptible (cachée) ne peut-on pas réduire la profondeur du discours? En procédant ainsi et en mettant au point des tests en conséquence, on s'en sort bien... Qui oserait critiquer un enchaînement de faits présentés formellement, pourvu qu'ils soient authentiques, même s'ils étaient superficiels et ne touchaient pas en profondeur la pensée? Qui saisira que la mode des exercices d'application des formules évacue l'essentiel des mathématiques, que seul le vrai problème peut explorer? Même quand on doit aborder un problème complexe, on trouve encore des moyens de le "simplifier" au lieu d'illuminer l'aventure et de la rendre significative à celui qui cherche la solution. On parvient à présenter le cheminement ou des étapes menant à la conclusion sans en analyser la validité (information) ou à justifier chaque proposition par les opérations qui l'ont générée (logique), mais sans discuter l'heuristique. Ces réductions de l'explication ne permettent pas à l'élève de s'approprier les stratégies pour les utiliser dans d'autres situations, plus ou moins analogues.

Une pédagogie de la résolution des problèmes doit dépasser l'état de la justification. Si le passage des hypothèses aux conclusions suppose une longue chaîne d'opérations où plusieurs notions, techniques et intuitions interviennent, n'est-on pas en droit de poser la question: "comment deviner la suite?". L'heuristique des mathématiques se concentre sur la tension entre la question et la réponse et sur le processus de découverte du chemin vers la solution, cherchant à mettre en évidence les stratégies, les indices et (si les algorithmes ne sont pas suffisants) les catalyseurs de la créativité.

J'ai choisi l'immersion profonde comme approche, en lançant constamment mes élèves dans des problèmes complexes, denses, explorés progressivement, au lieu de les inonder avec une cascade d'exercices simples et plutôt arbitraires. Après avoir préparé le cadre théorique et pratique nécessaire, je proposais comme devoir, en expliquant le but poursuivi, des problèmes sélectionnés attentivement. L'élève devait essayer de résoudre seul les problèmes. S'il ne réussissait pas, en se heurtant à un obstacle, il devenait sensible à la tension question-réponse ressentie à l'endroit où il s'arrêtait et il était prêt maintenant à recevoir des idées nouvelles pour résoudre cette tension.

Puis venait le tour des démonstrations. Parfois, on analysait les solutions des élèves, parfois, je présentais les miennes insistant sur la logique, indiquant la théorie et les opérations mises en marche. Cependant, en général, je préférais approcher le problème avec eux, en cherchant le chemin le plus logique, guidé par la théorie et les stratégies disponibles. On rencontrait ensemble des blocages, ce qui justifiait une explication illuminante.

Même quand la solution était présentée et non pas découverte, je ne m'arrêtais pas à la première couche de présentation. Une fois que j'avais démontrée la validité de la solution, je passais à l'analyse de son opportunité. Pourquoi était-il naturel d'en appeler à un tel procédé à la place d'un autre? Quel indice avait-on pour que cette intuition nous mène vers la sortie du labyrinthe? Après un tel exercice heuristique, je recourais souvent à une nouvelle observation du problème, faisant les corrélations avec des cas semblables, mettant en évidence les moments critiques et les idées fertiles, explicitant les stratégies intéressantes et réutilisables, cherchant des généralisations et d'autres solutions.

Pour exemplifier l'importance de cette approche heuristique et le cadre de mes expériences je vais raconter un cas significatif. J'avais observé que, pour bien des élèves, la recherche d'une solution dépendait de la confiance que leur donnait le fait de reconnaître le type du problème, ou de saisir au début un indice de la bonne direction. Les élèves avaient été habitués dans leurs écoles à un bombardement de réponses sans avoir posé des questions; on laissait peu de place à l'étude même des questions.... Ce qui me dérangeait dans cette histoire, c'était le fait que les élèves devenaient perplexes et paralysaient en face de l'apparente difficulté d'un énoncé de problème, qu'ils n'avaient pas le courage d'aborder sans anxiété. J'ai compris que je devais mieux comprendre et contourner cet obstacle qui inhibait la créativité, indispensable dans la résolution de problèmes.

J'ai trouvé un problème de géométrie qui avait une particularité intéressante, celle de n'offrir au départ aucun indice pour deviner laquelle de la multitude des continuations possibles menait vers la conclusion.

Cependant toutes les voies alternatives pouvaient y parvenir à condition de suivre la recherche avec persévérance. J'ai proposé ce problème à plusieurs élèves. Le résultat a dépassé mes attentes les plus pessimistes; aucun élève ne l'a résolu, même s'ils ont réussi des points plus difficiles du même test, pour lesquels ils avaient cependant des indices suggérant le départ. Or, comme je viens de le dire, tout essai raisonnable en serait arrivé à bout. Ce fait semblait confirmer que les élèves étaient intimidés par l'énoncé, ils n'essayaient même pas *vraiment* de résoudre le problème, et ne se lançaient pas dans de vraies recherches! Je leur ai expliqué ce qui s'était passé, en faisant ressortir les conséquences importantes. Ils en sont sortis choqués mais enrichis. Ce n'est qu'un exemple de ce que j'appelle une méta-explication.

### **L'évaluation**

Je me suis aussi alors posé cette question: *que représente l'évaluation obtenue grâce à des tests mathématiques?* Que permet-elle de mesurer? La connaissance opérationnelle de la théorie? L'expertise de la résolution des problèmes d'un type connu? La capacité de découvrir des solutions? Ou ... la chance de tomber sur le bon chemin?

Il est possible que quelqu'un comprenne bien la théorie et fasse des opérations correctes sans pouvoir refaire le long chemin qui mène à une conclusion ou qu'il reproduise un raisonnement sans le comprendre à fond et sans savoir quoi faire dans une situation analogue ou qu'il sache chercher de nouvelles solutions mais qu'il n'ait pas la chance de trouver la bonne réponse parmi une multitude de pistes valables ou encore qu'un penseur innovateur fasse une faute accidentelle qui l'égarer. Entre deux élèves qui abordent un problème compliqué, il n'est pas sûr que celui qui trouve le bon chemin vers la solution soit meilleur que celui qui le rate!

Qu'est ce qu'on évaluait lors de l'examen d'admission? La note mesurait la réussite finale, l'arrivée au sommet, plutôt que l'appréciation de la qualité de l'approche. Que signifie être obligé d'arriver au bout afin de se voir reconnaître les mérites de l'essai? Les tentatives, les raisonnements incomplets n'intéressaient pas, le "brouillon" n'était même pas toujours accepté et ainsi l'estimation du potentiel était discutable. S'il n'y avait qu'un seul chaînon manquant dans la chaîne des raisonnements "attendue", si dix-neuf autres obstacles étaient dépassés mais qu'on renonçait à décrire sa démarche parce qu'on n'atteignait pas l'arrivée, on était mal compris et mal évalué. J'ai appris à mes élèves d'écrire dans leurs thèses les solutions incomplètes, ce qui leur a apporté de bons points aux examens. Cela prouvait le raffinement des correcteurs, mais la question de principe sur le sens de la note restait valable.



Je me suis heurté à cette “ objectivité ” apparente à plusieurs reprises. Mes succès et mes défaites en compétition n’ont pas toujours reflété mon niveau. J’ai gagné un concours important parce que j’avais déjà rencontré tous les problèmes proposés. J’ai gagné un autre pour lequel je m’étais peu préparé parce que j’ai vécu une journée d’inspiration. Par contre, j’ai perdu des concours pour lesquels j’avais investi énormément, car divers incidents (psychiques, communicatifs, physiques) m’avaient empêché de démontrer mon savoir.

### **La dimension explicative des notions**

Mon expérience d’enseignant a accentué ma conviction que les relations mathématiques peuvent soutenir plus qu’une cascade d’arguments, que les démonstrations n’ont pas seulement des dimensions logiques et heuristiques mais aussi subjectives, psychologiques, communicatives. La recherche et la compréhension des solutions sont des processus psychiques, dynamiques, progressifs, évolutifs et transitoires. Il y a des moments où la continuation d’une démarche est influencée par une suggestion, par un beau paysage, par un encouragement, par de l’aide! Il est important par exemple qu’ on offre à l’élève à chaque étape des visions partielles mais cohérentes. Or, si la démonstration purement logique ne contient pas de tels éléments, l’explication complète est enrichie par des composantes redondantes, pédagogiques, méta-justificatrices qui appuient la compréhension.

Le trajet même de la démonstration peut prendre d’autres horizons pour la rendre plus accessible, en présentant des métaphores et des analogies stimulantes, en dessinant des schémas simples mais expressifs qui seront raffinés ou remplacés plus tard. Pour répondre à la psychologie de l’apprentissage, le chemin doit avoir continuellement un sens, repérable sur une carte d’idées, facilitant une compréhension qui progresse sous forme de spirale. On peut avoir des difficultés à atteindre le sommet de la montagne si le sentier qui y mène est abrupt, arbitraire ou intimidant. Les aires de repos ou les points de perspective, la bonne dose de la pente, la beauté du chemin deviennent des éléments importants pour que l’explication ne soit pas vue seulement comme un lien qui lie correctement l’hypothèse à la conclusion mais comme un sentier aménagé favorisant le parcours.

Regardant de tous les angles la pratique et la problématique de l’enseignement de la résolution de problèmes, j’ai fini par changer ma conception sur les mathématiques. En apprenant à enseigner le sujet j’ai réappris le sujet. En revivant tant de fois l’émotion de la recherche, en mettant sous divers lentilles les mêmes problèmes, en observant mes partenaires et avec leurs yeux, j’ai remarqué que le paysage devenait autre à chaque incursion. Le voyage changeait progressivement la géographie plastique des idées, comme si les excursions n’étaient pas des trajectoires sur les chemins tracés sur un relief stable, mais des définitions nouvelles des chemins, remodelant aussi le relief. Mon univers mathématique n’avait pas seulement une

structure mais il évoluait, il devenait dynamique et dépendait d'une histoire dont je ne pouvais pas faire abstraction sans en appauvrir les significations.

Cette métamorphose m'a d'abord charmé et puis intrigué. J'assistais seulement au changement de la réflexion des mathématiques dans mon miroir ? Ce régime transitoire correspondait-il seulement au film de la construction de mes concepts? Ou, reflétait-il la condition évolutive de l'édifice extérieur, objectivé par négociation sociale, appelé "mathématiques"? L'évolution d'une démonstration engendrait un problème phénoménologique superposé sur le problème stratégique posé par l'heuristique, sur le problème théorique posé par l'épistémologie et sur le problème pratique de la didactique: *la démonstration est l'explication d'un résultat mathématique, mais qu'est ce que l'explication de la démonstration?*

L'univers mathématique courant, formé par des concepts, des principes, des stratégies, des démonstrations et des applications serait-il plus dense s'il incluait les explications? Ou, est-il mieux de laisser les explications dans leur position d'épiphénomènes, intéressant seulement la pédagogie, l'histoire ou les ouvrages de vulgarisation? Est-ce que le monde des recherches, des tâtonnements, des incursions et des rencontres explicatives est superflu? Ou fait-il part de l'essence de l'aventure mathématique et en conséquence devrait-il être systématisé, filtré ... observé?

J'ai été gagné par la perspective d'un curriculum plastique, d'un magma qui donnait naissance aux mathématiques sur la pression modélisante de ceux qui inventent, organisent, expliquent, négocient. Je sentais que le régime transitoire, l'explication psychologique et historique des raisonnements est un espace essentiel qui élargit celui des démonstrations, qui à son tour élargit celui des résultats. L'explication était plus qu'un accessoire transitoire, elle était une dimension dynamique du sujet expliqué. L'argumentation abstraite du sujet S n'était que la synthèse de l'ensemble des argumentations réelles faites par des hommes x vers des partenaires y dans des contextes z et avec des instruments u....

Je voulais donner à cette intuition une forme plus claire et proposer l'émergence d'une nouvelle couche mathématique dédiée à l'observation du phénomène de l'explication. J'espérais que cette extension ne serait pas seulement intéressante intellectuellement, mais qu'elle jetterait une nouvelle lumière sur les mathématiques classiques. Un tel programme supposait une connaissance profonde des mathématiques et une analyse solide du rituel utilisé dans leur explication. J'ai cru qu'en parcourant les 5 années d'études à la faculté de mathématiques de Bucarest, je serais mieux placé pour suivre mon aventure. Et dans un sens, je ne me suis pas trompé...

## Chapitre A5: Un lecteur-compositeur

- l'organisation de l'explication asynchrone -

### Un étudiant frustré

Dans la ville où je travaillais, il n'y avait pas d'université. Heureusement, la Faculté de mathématiques de l'Université de Bucarest avait une section d'enseignement à distance (télé-université). Entre 1984 et 1989, j'ai suivi les cours de cette faculté en ne rencontrant les professeurs que lors des examens finaux. La préparation des examens consistait dans l'étude des cours recommandés par le programme et dans la rédaction des travaux proposés.

J'ai observé le processus de ma lecture d'un certain ouvrage en relation avec sa structure dans bien d'autres situations. J'ai décidé de choisir cet endroit de mon récit de vie pour formuler mes observations sur le phénomène de l'explication "à deux étapes" ("asynchrone") car ce fut pendant mes études en mathématiques que je l'ai observé le plus intensément comme apprenant. La comparaison avec le mode "synchrone" (que j'utilisais à la même époque pendant l'enseignement aux lycéens) était enrichie par mon expérience de rédacteur d'explications écrites, destinées aux techniciens électrotechniciens.

Pendant ce long parcours de télé-enseignement, j'ai compris l'effet de l'absence du feed-back immédiat, du présentateur qui observe comment je l'observe, de la synchronisation du couple pour le pas de deux. J'ai aussi analysé la manière d'organiser une explication qui devait être vécue ou reçue solitairement. *Après avoir scruté la dynamique explicative je me suis penché sur le côté statique de l'explication*, toujours dispensée par un vivant, mais avec retard et sans synchronisation immédiate. Je fus surtout intéressé par la transformation de l'explication englobée (inoculée) dans un discours enregistré, que j'appelle "potentielle" ou "virtuelle", dans une explication réelle, vivante, par un processus que j'appelle "dévirtualisation".

Mon expérience et ma passion pour l'approfondissement des mathématiques et ma décision d'explorer l'univers de l'explication mathématique me promettaient une expérience fructueuse et paisible... Mais j'ai subi une nouvelle désillusion qui s'est ajoutée à celle ressentie à la faculté d'électronique. J'ai compris qu'une explication peut fonctionner de façon défectueuse avec toutes les techniques et dans tous les contextes... Je ne ferai pas l'inventaire de mes critiques. Les éléments d'histoire qui suivent ne font que suggérer les frustrations qui ont renforcé *par négation* l'image que je me formais sur l'explication ...

Je me dois de signaler la soif de la présentation évolutive, historique et celle de l'orientation que j'ai ressenties tout le temps de la durée de mes études. L'histoire des théories que nous devions comprendre n'a été présentée qu'à la fin des études. J'ai saisi trop tard des significations qui m'avaient échappé et j'ai perçu à rebours le sens global de certaines disciplines où j'avais réussi avec de bonnes notes, de grands efforts et une compréhension superficielle. J'ai regretté l'absence d'une métadiscipline introductive qui m'aurait révélé le rapport entre les matières.

On nous présentait toujours les dernières formes des idées mathématiques. Nous devions comprendre l'effet du long processus de recherche, la coagulation, la sédimentation, la réorganisation, l'abstraction qui avait engendré l'idée, sans percevoir l'évolution (la cause) de sa forme actuelle (l'effet). Le fait de ne pas savoir les raisons qui avaient poussé les chercheurs à parvenir à des formules condensées compliquait la compréhension. La synthèse continue et l'élimination des "redondances" avaient rendu ces développements plus arides pour nous que pour leurs auteurs! J'aurais voulu les obliger à lire chacun le cours de l'autre pour qu'ils pussent comprendre notre désarroi ou notre héroïsme...

Dans le système roumain, l'enseignement des disciplines se donnait par des spécialistes, à partir de la cinquième année ou classe. La faculté préparait généralement ses futurs enseignants en mathématiques. Peu d'étudiants continuaient comme "mathématiciens purs". Dans ces conditions, le curriculum et les méthodes m'apparaisaient bizarres. Les futurs "guides" devaient s'initier à des théories plutôt exotiques au lieu de chercher à comprendre profondément la matière qu'ils auraient à interpréter ou à s'initier à l'art de l'expliquer. La didactique des mathématiques et la pédagogie en général étaient abordées très tard et superficiellement sans parler du manque d'*esprit didactique* qui aurait dû être inoculé, il me semble, dans tous les cours ...

L'enseignement d'un domaine stable et riche, qui se prête à une inépuisable extension explicative, s'appuyait sur des livres qui eux justifiaient tout... mais n'expliquaient rien. Leurs auteurs avaient été obligés, pour s'imposer comme spécialistes, de faire preuve d'originalité et d'économie d'arguments au détriment d'une présentation historique voire pédagogique, voire lisible... Pour bien comprendre les "modernes", il fallait lire les vieux livres que ces auteurs avaient remplacés! Cela témoignait d'un désintérêt face à l'enseignement des mathématiques et apportait peu à celui attiré par une science de l'explication mathématique... Ceux qui se dédiaient à la didactique étaient découragés avec des étiquettes de "mathématiciens de deuxième rang" . C'est d'ailleurs une perception répandue ...

Il n'était pas question de parenthèses illustratrices ou d'allusions à des alternatives possibles et des applications. L'absence d'explications complètes, de métaphores suggestives, de commentaires introductifs, de soins pour améliorer l'assimilation des exposés avaient été la règle. Les solutions n'étaient pas précédées par des questions et des recherches, le tâtonnement était absent. Probablement qu'on supposait qu'un mathématicien était ridicule ou superflu s'il se laissait entraîner dans de telles diversions pédagogiques...

L'hermétisme était la marque de la pureté. Le jeu des symboles ne laissait que rarement place à une méditation qui se traduisait en paroles. En cherchant à comprendre par exemple " pourquoi un objet de type  $c_9$ , qui a de plus la propriété 11 de la structure  $c_3$ , appartient à la structure  $c_{10}$  et a aussi la propriété 17 des objets  $c_{12}$  ", je restais suspendu dans le vide comme un personnage de dessins animés qui a dépassé sans se rendre compte le bout de la barre sur laquelle il avait couru... Je cherchais à l'arrière qu'est-ce que c'était  $c_9$  et je trouvais qu'il s'agissait des objets  $c_4$  avec la propriété  $b_8$  dont le théorème T123 avait prouvé que .... et ainsi de suite jusqu'au bord de l'évanouissement. Finalement, je "comprenais" la justesse de l'affirmation sans saisir l'opportunité de l'exposé et surtout celle de mon effort.

Il n'y avait généralement pas dans ces livres une organisation hiérarchique des idées, une mise en évidence de leurs niveaux d'importance. Tout était uniformément important. Quand l'automne de l'oubli venait, sans un tronc d'arbre mis en évidence, toutes les feuilles tombaient, ne laissant à leur place que la nostalgie de l'effort qui les avait fait pousser... Pour ceux qui trouveraient ma description sombre, je noterais que le résultat était visiblement triste. A part les "purs", il y avait beaucoup d'étudiants de la Faculté ("réguliers" ou "à distance") malheureux et stressés. Les cas de dépression grave ne manquaient pas. Je sentais, au-delà de l'alibi de la grande difficulté, une absence d'intérêt pédagogique et parfois même un sadisme raffiné qui consistait à torturer les victimes en les obligeant à comprendre et à reproduire les interminables séries d'opérations symboliques. A qui servait cet exorcisme?

J'ai mieux saisi ce phénomène inquiétant grâce à mon expérience. En effet, j'avais été champion dans des compétitions, j'avais terminé mes études dans une autre faculté que cette dernière, j'avais étudié longtemps les mathématiques et je les enseignais moi-même. Je les aimais et j'avais ma propre idée sur leur signification. Pourtant, à plusieurs reprises, je me suis senti écrasé, exténué, dégoûté et perdu. Il est vrai que j'essayais de vraiment comprendre... Je trouvais la situation bien étrange quand je ne comprenais pas l'explication des disciplines que je connaissais pourtant déjà bien! Je savais où l'auteur voulait parvenir, je pouvais reproduire ou concevoir d'autres démonstrations, mais il m'était extrêmement difficile de

comprendre la démonstration du livre à cause de son style hermétique, à l'antipode de l'explication, selon moi.

Voici un exemple d'un cours qui se proposait de faire la construction de la fondation formelle des langages de programmation. J'avais d'énormes difficultés à dépasser les premières pages. Je glissais perdu dans un océan de symboles, de définitions et d'affirmations illisibles. C'était presque le temps de l'examen sans que j'aie pu pénétrer au-delà de la page 10! Désespéré, l'idée m'est venue de traduire en mots humains quelques théorèmes importants et d'essayer de les prouver en mes termes, ce qui s'est avéré plutôt facile et banal! J'ai répété l'expérience avec la même facilité, sans problème. Pourtant, si je revenais à la démonstration de l'auteur, je ne pouvais pas la comprendre, car le langage touffu des symboles était impénétrable pour moi, pour des raisons probablement de "non consonance".

Je me suis présenté à l'examen final et j'ai développé sur place mes propres démonstrations. Le professeur m'a accordé la note maximale et m'a félicité pour ... l'autonomie de mon raisonnement: "Vous avez vécu le sujet comme j'ai rarement vu!"... Je n'ai pas eu la force de lui dire la vérité. J'étais perplexe, gêné, stupéfié par cette expérience révélatrice. Je venais sans doute de rencontrer un homme ouvert. La différence explicative entre deux démonstrations équivalentes était aussi mise en évidence par des professeurs qui recevaient avec animosité toute explication autre que celle de leur cours ou qui parfois refusaient même de la considérer.

Quand le décodage du langage symbolique utilisé pour une démonstration est beaucoup plus difficile que la résolution du problème, quand l'univers second des représentations obscurcit la compréhension des choses représentées ... il apparaît évident qu'il existe une raison d'étendre l'explication purement épistémologique vers une explication communicationnelle .

Je termine les contre-exemples qui m'ont inspiré puisque je trouve que le ton est amer. J'ai rencontré bien entendu de bons livres qui m'ont permis de faire la différence avec les mauvais. Sans l'explication écrite, tout comme sans l'explication partagée, je serais une autre personne. Les grands "maîtres" existent. Il est merveilleux de pouvoir les entendre à travers l'espace et le temps. Les livres répondent à des nécessités fondamentales: faire passer un message entre deux personnes qui ne peuvent pas se rencontrer, multiplier la connaissance, permettre au lecteur de naviguer à sa volonté dans le message de l'autre. Mon plaidoyer pour l'explication devait signaler la récupération asynchrone des grands discours.

Mais les bons livres, noyés dans un océan maculé comme les bons professeurs, dans une mer de collègues médiocres, deviennent de plus en plus difficiles à repérer. *Saisir qu'un livre est écrit avec soin, amour, talent, effort et savoir, demande de le trouver et de le parcourir au moins partiellement. La recommandation de quelqu'un peut s'avérer nécessaire, d'où le phénomène de la critique et le rôle de guide de lecture qu'un professeur peut jouer.*

*Il est difficile d'évaluer la qualité didactique d'un discours écrit, les effets dépendent de la résonance avec le lecteur, une influence difficilement évaluable. L'impossibilité de mesurer peut masquer facilement les faiblesses de la composition. Par rapport au mauvais professeur, le mauvais auteur a le seul désavantage de laisser des traces visibles.... Pourrait-on estimer la qualité explicative d'un livre autrement qu'en le proposant aux lecteurs? Pour répondre à cette question, nous avons besoin d'un regard plus profond sur la structure de l'explication écrite.*

### **Le processus de l'explication asynchrone**

Je rappelle que mon intérêt pour l'explication avait été réveillé par le dialogue avec mon père sur les manuels d'arithmétique. Par la suite, j'ai pris l'habitude de me demander quelles caractéristiques des livres m'aidaient à les lire et à les comprendre facilement? Quelle était la formule de la composition efficace?

Dans ma carrière de formateur et de professeur, j'ai pu scruter à la loupe la capacité explicative des manuels de mathématiques ou des livres de télécommunication en observant ma perception et la réaction des élèves. J'ai saisi la dialectique délicate de la couche explicative: nécessaire au début mais encombrante après! Quand on ne sait pas comment s'orienter dans un paysage nouveau, on peut apprécier l'opportunité d'un instrument guide et non plus tard, quand le paysage nous est devenu familier.

*Voilà où se cache la difficulté paradoxale: comment un auteur retrouve l'innocence ou la simplicité nécessaire pour saisir le besoin d'explication et en même temps, pour quitter cette innocence et composer cette explication? Même si quelqu'un peut combiner les deux rôles d'auteur et de lecteur, vivre l'expérience dédoublée d'expert et de novice, il doit recourir à l'opinion de vrais lecteurs pour confirmer ses intuitions. Le même problème se pose pour les experts qui veulent évaluer la qualité explicative d'un livre!*

En observant longtemps la réaction des élèves, j'ai pu saisir leurs transformations et agrandir la probabilité que mon discours soit approprié. *Je crois donc que les enseignants d'un sujet sont les mieux placés pour le*

*décrire dans des livres!* Malheureusement, il se passe souvent le contraire; les experts d'une matière écrivent des explications qu'ils n'ont pas eu l'occasion de calibrer par dialogue.

Les difficultés qu'un auteur doit surmonter en écrivant sont aussi redoutables que celles de celui qui explique de façon synchrone. Heureusement, la possibilité de réécrire constamment, de revenir maintes fois pour améliorer un texte au lieu de devoir réagir rapidement, facilite la tâche à l'auteur. L'écriture de bons livres suppose un savoir multidimensionnel c'est-à-dire la connaissance et l'expérience d'enseignement du *sujet*, le talent de composition, l'art de préparer la consonance qui permettra la "dévirtualisation" du message et l'intuition des réactions du lecteur.

"La statique de l'explication" placée sur un support physique n'est pas nécessairement une science plus simple que la "cinématique" ou la "dynamique explicative". Si dans le message "préparé", on ne voit pas une structure de notions mais *le germe d'un espace de processus explicatifs potentiels*, on comprend que la modélisation et la pratique de "l'authoring" sont compliquées.

Le problème critique de la communication indirecte ou asynchrone est la synchronisation des partenaires. On comprend pourquoi l'interactivité est le sujet central dans la production des instruments explicatifs informatisés. Si je suis passé de la rédaction des leçons écrites à la composition de didacticiels c'était dans l'espoir d'améliorer "l'adaptativité" du message quand il ne pouvait pas être interprété par un enseignant, quand l'auteur n'était pas disponible ou quand l'élève voulait s'entraîner seul. Ce n'était pas la leçon que je voulais remplacer, mais le livre!

### **Des essais de composition**

J'ai composé des didacticiels pour l'enseignement de l'arithmétique. Il s'agissait d'un simulateur qui permettait à l'élève de voir ce qui se passait pendant une soustraction ou une addition. L'élève pouvait proposer un calcul et la machine dessinait tout de suite une représentation graphique des deux nombres. Puis, il pouvait demander l'avancement progressif de la procédure et observer les détails de ce qui se passait. Il voyait 7 dizaines essayant sans succès de satisfaire une demande d'en soustraire 8; il voyait le cri de secours vers l'ordre des centaines; il voyait une centaine se décomposant en 10 unités inférieures envoyées au secours des dizaines; il les voyait satisfaire la demande, une par une et pouvait numérotter celles qui restaient et se dirigeaient vers le panneau des résultats etc. J'avais alloué un grand soin aux fonctions de navigation flexible. On pouvait accélérer, décélérer, faire marche arrière, avoir ou non des explications textuelles, déterminer les opérations au lieu d'attendre l'initiative de la machine, etc. C'était un appareil utile



de visualisation et d'entraînement qui enrichissait le monde des processus explicatifs d'une manière qui m'a immédiatement fasciné car il mettait en évidence la richesse extraordinaire de la physiologie explicative et la subtilité de la dialectique entre l'auteur et le récepteur.

Mais la piste de l'adaptabilité préparée pour les didacticiens et celle de l'interprétation directe dans l'enseignement n'étaient pas les seules qui m'attiraient. Je suivais aussi avec admiration les discours écrits cohérents, complets, autonomes qui facilitaient la synchronisation des lecteurs.

J'ai voulu me lancer dans l'écriture des "guides d'orientation", des "introductions" dans certains domaines scientifiques faisant ainsi un plaidoyer direct pour le style explicatif. Ces ouvrages devaient faciliter le passage progressif de l'initiation à une connaissance plus profonde. Je ne les voyais pas seulement comme outils pour les futurs spécialistes, mais aussi comme interfaces interdisciplinaires qui offraient des chances à tous de connaître l'essentiel des merveilles contenues dans une discipline. Allumé par une effervescence "illuministe", je condamnais le savoir hermétique de la spécialisation et la vulgarisation dérisoire des ouvrages scientifiques.

En 1989, j'ai essayé de publier un tel guide explicatif. Je l'avais rédigé après avoir fait de grands efforts pour comprendre les nouveaux livres parus en Roumanie qui introduisaient la télévision en couleurs d'une manière presque chiffrée. J'avais étudié profondément le sujet et j'avais enseigné la matière aux électroniciens qui devaient réparer les nouveaux postes de télévision. J'ai constaté la distance abyssale qui les séparait de la littérature qui leur était apparemment adressée... Ils ne pouvaient comprendre presque rien de l'océan de formules qui cachaient l'essence du phénomène de la couleur et de ses applications pratiques. Enrichi par mon expérience de recherche et de formation, je me suis senti en mesure de proposer à la "Maison d'Édition Technique" un livre de télévision en couleurs *théorique* et *explicatif*. La réponse du rédacteur a été symptomatique: "Si votre livre *explique* la technologie, sa place n'est pas ici, nos livres doivent seulement *informer* sur les nouveautés; dirigez-vous vers la "Maison d'Édition Pédagogique". Comme je ne voulais pas produire un manuel, mais une introduction et que j'avais l'ambition de prouver que l'explication fait partie de la science et non pas seulement de sa didactique, je me suis arrêté là.

Au-delà de la déception et de la révolte que j'ai ressenties (car je crois que mon livre était également intéressant sur le plan technique) je voyais confirmée mon impression qu'il existait bel et bien une piste explicative puisqu'on la censurait pour ne pas nuire à la piste informative... Faire une différence entre les livres qui informent et qui expliquent était significatif. Mais je croyais que l'explication était nécessaire même dans un livre "informatif" et qu'elle était carrément indispensable pour une "introduction".

## Une thèse pour l'explication mathématique

Mes observations m'ont déterminé à dédier ma thèse de maîtrise en mathématiques (1990) à une campagne pour des nouveaux manuels de mathématiques de lycée. J'avais beaucoup de choses à dire sur l'enseignement des mathématiques supérieures, je voulais parler d'une méta-science de l'explication, mais j'ai retardé ce projet. J'ai évité d'attaquer le rituel de l'enseignement universitaire pour ne pas reproduire les déboires de ma thèse en électronique... D'ailleurs, une vaste expérience d'élève compétiteur et d'entraîneur me fournissait les données pour construire une critique du curriculum et formuler les principes d'accroissement des démonstrations informatives en vue d'explications plus complètes.

Le plaidoyer comprenait deux parties, une analyse critique et un exemple d'implantation de l'approche proposée. Cette fois, le ton contestataire, hautement polémique, a passé sans incidents, probablement à cause de l'atmosphère créée par la révolution, qui avait produit une vague de changements. J'ai abordé dans mon matériel des aspects qui auraient été inimaginables avant 1989. J'ai montré la réflexion de l'esprit dictatorial dans le rapport professeur-élève et dans le curriculum mathématique! J'ai révélé les influences que le contexte social avait eues sur un phénomène considéré "objectif". La vision de l'explication comme un phénomène pluridimensionnel (informationnel, logique, psychologique, social) était affirmée fermement. J'ai mis en discussion les prémisses, les buts et les méthodes de l'enseignement des mathématiques et j'ai soutenu que la disparition des mathématiques imposées ouvre la voie à la didactique des mathématiques consenties.

J'ai développé dans la première partie des thèmes que les paragraphes précédents ont déjà signalés tels la mobilisation de l'auditoire par la richesse formatrice et l'esthétique du message, la générosité explicative, l'aspect évolutif du discours qui éclaircit, la bipolarité de l'explication synchrone et asynchrone et leur mixage etc. L'ouvrage opérait une incursion douloureuse dans ce que j'appelais: "La pathologie de l'explication" et je crois que les titres des paragraphes en disaient assez long: "La dictature et le communisme didactiques"; "La déconsidération de l'émotion, de la motivation et des autres particularités psychologiques"; "Le mépris pour le temps et l'énergie de l'élève"; "L'absence de la modularité et de la hiérarchie sémantique"; "L'absence de stratification"; "Les ambitions de l'alpinisme démonstratif"; "Le voyage dans le ... connu et la peur des surprises"; "La simulation et la perte de la sincérité"; "L'oubli de la curiosité par le vaccin scolaire"; "La pollution mathématique"; "L'abstraction, synthèse ou évasion?"; "Déséquilibres de l'explication"; "La note, réglage ou diversion?"; "L'absence d'un guide d'orientation générale".

Les constats sur l'état des choses motivaient la " Redéfinition des objectifs de l'enseignement des mathématiques " et puis le changement du protocole de leur présentation. La nécessité pragmatique de transformer la démonstration mathématique écrite ou interprétée en explication généralisée était mise en évidence. Puis cette transformation était regardée d'un angle théorique dans un chapitre qui soulignait les caractéristiques qui distinguent une explication complète d'une démonstration correcte. Un autre paragraphe signalait le rôle du professeur et de l'auteur des manuels dans le processus de transformation des informations en explications. Il proposait la rédaction de livres de " mathématiques expliquées " qui initient les élèves dans l'essentiel des idées en évitant la préciosité du jargon abstrait et la vulgarisation trop facile.

Sur ce fond, la deuxième partie présentait des applications exemplifiant l'approche proposée:

- A. Un programme pour l'enseignement des mathématiques pendant les quatre ans du lycée qui tirerait les enseignements des considérations sur le curriculum et sur l'initiation progressive.
- B. Un exemple de traitement d'un chapitre qui présenterait la théorie des équations linéaires dans une spirale " question-recherche-trouaille-solidification " qui renverserait l'ordre de présentation utilisé dans les manuels.
- C. Un exemple de présentation d'un théorème qui posait des problèmes aux élèves de la classe terminale, en mettant en valeur les stratégies recommandées (initiation dans la question, organisation modulaire, raffinement progressif etc.) pour démontrer que les fonctions continues sont intégrables.
- D. Un exemple de leçon informatisée qui sonderait le potentiel interactif de l'ordinateur, vu comme représentant de l'auteur absent, dans un didacticiel sur l'arithmétique (dont j'ai déjà parlé dans cette partie).

La dernière application faisait un pas dans la direction de la technologie de l'explication que je n'aurais probablement jamais abordée si je n'avais pas été dans la position d'ingénieur, à laquelle je consacre le prochain chapitre.

## Chapitre A6: Un formateur et ingénieur de systèmes d'instruction

- l'organisation des systèmes explicatifs –

### Une étude de cas

Quelques éléments pour fixer le cadre

A la fin des études (1983), j'ai été engagé comme ingénieur par l'entreprise Electronica de Bucarest. C'était un très grand fabricant d'appareils électroniques (télévision, radio, etc.); il en détenait le monopole dans une Roumanie isolée où la production (et surtout la qualité) n'avait pas à supporter les pressions de la concurrence et les prétentions des consommateurs. L'absence d'un propriétaire clairement défini, (l'état étant une entité vague), les salaires uniformisés, les entrées et les sorties financières arbitraires, les cadeaux faits par l'état (par exemple pour la formation continue du personnel) ou les prélèvements arbitraires (au bénéfice du budget de l'état) rendaient inopérants les principes de rentabilité. Les décisions opérationnelles étaient prises par des professionnels, sous la conduite du directeur technique. Mais au-dessus de ce dernier, les responsables politiques, investis de pouvoirs absolus, pouvaient détourner les décisions. La sélection des cadres " supérieurs " n'était pas le résultat d'une compétition, mais plutôt une récompense pour le dévouement au régime communiste. Cette " contre-sélection " avait produit une hiérarchie absurde.

L'entreprise avait un réseau de succursales dans tout le pays, qui assurait le dépannage des appareils. Dans ces centres, jusqu'à trente techniciens dépanneurs (formés dans des collèges d'électronique et ayant une riche expérience) devaient résoudre la majorité des cas. Les pannes plus difficiles à régler étaient renvoyées vers trois " départements techniques " qui disposaient d'ingénieurs électroniciens et d'une meilleure instrumentation.

Lors de mon embauche, j'ai eu une discussion très ouverte avec le directeur technique. J'ai fait brièvement connaître mes conceptions sur l'enseignement. Le directeur m'a alors décrit les difficultés qui l'empêchaient d'assurer le perfectionnement du personnel de service. Cette discussion a été reprise plusieurs fois et je résume ici ses remarques:

- la dynamique productive de l'entreprise se heurtait à l'inertie du système d'instruction. Quand on passait à des techniques complètement nouvelles, une simple mise à jour du savoir-faire n'était pas satisfaisante;
- le " *département de formation* " , dans lequel avaient été engagés des spécialistes en formation qui n'avaient pas de connaissances ou d'expérience en électronique, ne réussissait pas à s'enraciner dans la réalité de l'entreprise;

- lorsque les ingénieurs, qui avaient conçu les produits, étaient retenus pour les expliquer, cela s'avérait généralement un échec, car ces spécialistes le faisaient à contre cœur, étant donné que cela retardait leur activité de recherche; de plus, ils n'avaient pas les prédispositions et les qualités nécessaires pour enseigner;
- dans le réseau de service, les techniciens dépanneurs se comportaient sur le territoire comme des petits rois qui exigeaient des pots de vin pour intervenir promptement. Une partie de ces gains illicites allait à certains responsables administratifs, notamment aux bureaux du personnel et d'enseignement, qui décidaient des embauches et des promotions.

Est-ce que je voulais faire de la formation dans ces conditions? C'était très loin d'un problème classique d'enseignement. J'étais jeune, j'ai décidé de relever le pari! Je me suis engagé à trouver des solutions pour:

1. Décrire de manière systémique la situation de la formation dans l'entreprise et découvrir les moyens d'intervention.
2. Instruire les techniciens dépanneurs du réseau de service de manière à ce qu'ils puissent résoudre les pannes des appareils lancés sur le marché, même s'ils étaient produits avec une nouvelle technologie.
3. Organiser l'instruction de manière à ce que son coût soit minimisé, et expliciter les critères de cette optimisation.
4. Trouver les personnes qui correspondaient au profil de la tâche de formation et les réunir dans un "département technique de perfectionnement".
5. Trouver des moyens pour que l'instruction ait aussi un effet éducationnel général pour assainir le climat dans l'entreprise et le comportement envers le client.
6. Contrecarrer la pratique du "pot de vin" qui exerçait une influence néfaste sur les embauches et les promotions.

Les moyens que le directeur mit à ma disposition pour atteindre ces objectifs ont été:

1. Son appui constant (un point déterminant, étant donné les obstacles).
2. L'accès aux informations pertinentes (statistiques, analyses, rapports sur les nouveaux produits, documentation roumaine et étrangère).
3. La possibilité de m'occuper suffisamment de temps de ce seul problème.
4. Le droit de faire certaines expérimentations et de prendre une partie des décisions sur la formation sans les négocier avec les "responsables" politiques et administratifs.
5. La possibilité de me tremper dans la réalité des centres de dépannage (bureaux locaux).
6. Le droit de choisir des collaborateurs parmi les ingénieurs.

### Première étape

Je me suis présenté à la succursale de Piatra Neamt en tant que nouvel ingénieur. Pendant une année entière, j'ai connu le milieu des techniciens dépanneurs, en portant une attention particulière aux aspects suivants: 1. La relation dépanneur- client. 2. Les problèmes, les désirs et les types de clients. 3. La qualité des produits sur le marché et les aspects statistiques et techniques des pannes. 4. Le déroulement du dépannage (algorithmes, attitudes, degrés de difficulté). 5. Les types de problèmes de dépannage et les connaissances

nécessaires pour les résoudre. 6. Les moyens utilisés (instruments, littérature, coopération). 7. Le déroulement de la formation et la vision des gens sur le perfectionnement. 8. Le rapport entre les connaissances théoriques, l'expérience et l'efficacité du dépannage. 9. Les relations entre les collègues et les rapports avec les chefs.

Suite à cette “prise de pouls”, la grande majorité des idées que j'avais au départ ont changé.... Voilà les grandes lignes des observations contenues dans le rapport que j'ai rédigé après cette immersion dans le milieu de travail:

- Dans la relation avec le client, les techniciens dépanneurs n'étaient pas toujours coupables. Ils devaient faire face à des situations ingrates, supporter la nervosité des gens, profondément mécontents du fonctionnement de leurs appareils. Le nombre de pannes était très grand. La succursale devait suppléer à la faible qualité des produits. Les dépanneurs le savaient et étaient peu disposés à entendre des “leçons moralisatrices”. L'avalanche de pannes créait un état permanent de pression, de hâte, une tendance vers des solutions superficielles et le refus des raisonnements plus profonds.

- D'autre part, le fait que les dépanneurs acceptaient (et exigeaient même) des pots de vin pour une bonne réparation se confirmait. Ils procédaient ainsi parce que le salaire était dérisoire et ne dépendait ni de la quantité ni de la qualité des réparations. Le quota obligatoire (la “norme”) ne faisait qu'engendrer formalités et falsifications...

- Dans la plus grande majorité des cas, les défauts étaient résolus grâce à l'expérience, en raison de leur caractère répétitif! Les gens reconnaissaient les cas qu'ils avaient déjà rencontrés avec une vitesse extraordinaire. Ils s'étaient formé un instinct professionnel. Pour moi et les autres ingénieurs, obligés à recourir à des raisonnements, le temps nécessaire pour résoudre de tels cas était beaucoup plus grand. Cet aspect a commencé par m'irriter (il contredisait brutalement mes idées sur le dépannage efficace). Puis j'ai réussi à considérer l'expérience à sa juste valeur: *je crois que je dépassais ainsi le paradigme de l'enseignement- but en m'ouvrant à l'optimisation de la performance grâce à l'expertise, qui utilisait l'instruction comme un des moyens.*

- Dans les cas difficiles, rares ou nouveaux, les dépanneurs, qui fonctionnaient uniquement par expérience, bloquaient. Ceux, peu nombreux, qui travaillaient à partir d'une logique appuyée sur des connaissances solides et mises à jour, réussissaient. Si de tels dépanneurs n'étaient pas disponibles, le spectacle du dépannage était pénible à voir. À cette occasion, on constatait que la grande majorité des dépanneurs avait perdu le contact avec la théorie du domaine et même la possibilité de s'y raccorder. Beaucoup de clients payaient (sans le savoir) le prix d'interventions superficielles ou maladroitement. Si l'appareil était sous garantie, le prix des pièces, inutilement détruites, était payé par l'entreprise.

- Les outils, dont les dépanneurs disposaient, étaient rudimentaires. Les quelques instruments modernes existants n'étaient pas mis en valeur parce que les gens n'avaient pas été instruits à les utiliser. La documentation était assez bonne (cahiers complets de dépannage, livres publiés) mais arrivait toujours en retard. Quand elle arrivait, les gens avaient déjà été obligés de se débrouiller et d'apprendre en tâtonnant sur les pannes rencontrées, donc souvent ils ne s'y intéressaient plus.

Les recommandations que j'ai faites ont été de:

1. Corriger la qualité des produits fournis sur le marché. (On m'a répondu qu'on faisait des efforts, mais il y avait des restrictions dues à la technologie utilisée, qui ne pouvait pas être renouvelée parce que...).
2. Augmenter le salaire des dépanneurs et le lier à leur prestation. (Cette mesure n'a pas pu être prise, parce que...).
3. Embaucher de nouveaux dépanneurs s'ils faisaient preuve à la fois d'expérience, de connaissances solides et de... caractère. (Cette mesure n'a pas pu être prise...).
4. Revoir la structure hiérarchique du réseau de manière à éliminer les situations d'incompétence (chefs nettement inférieurs professionnellement à leurs subalternes) et déstabiliser ainsi le réseau souterrain fondé sur la combine. (Après plusieurs réclamations, on a un peu amélioré la situation).
5. Enrichir l'équipement technique des succursales et stimuler son utilisation (La réaction a été assez vigoureuse).
6. Tenir compte, dans l'analyse de la formation et de la prestation des techniciens, des relations complexes existantes dans le système de l'entreprise.

et enfin :

7. Me confier l'élaboration d'un programme d'enseignement qui corresponde aux besoins de formation, pour la rédaction des "cours" et pour l'organisation des leçons sur place.
8. Me permettre de chercher d'autres solutions aux besoins d'information, reliant la formation et la documentation dans un système unitaire.

#### Deuxième étape

Suite à l'acceptation de mon projet, je suis passé à l'organisation des cours. Les objectifs visés étaient: 1. Former un groupe de spécialistes en formation (avec des connaissances techniques, des aptitudes didactiques et une bonne connaissance de la "clientèle"). 2. Établir avec ce collectif le curriculum, les moyens et les stratégies appropriés. 3. Rédiger un programme de perfectionnement et de cours adaptés. 4. Donner ces cours, en se déplaçant à chaque succursale pour évaluer l'efficacité de l'enseignement dans le milieu du travail et pour pouvoir observer la réaction des dépanneurs. En même temps, notre collectif se lançait dans la conception de la documentation technique. On visait: 1. L'analyse des besoins. 2. La recherche sur la

pertinence des moyens disponibles. 3. Une méthode pour que les nouveautés soient transmises en temps utile. 4. L'équilibre entre une formation rigoureuse et une information efficace.

Les résultats ont été considérés comme satisfaisants, le groupe s'est formé (il comprenait six ingénieurs). Le programme et les cours ont été rédigés. Les leçons en territoire ont eu lieu. Les premières “ bibliographies ” et “ bulletins techniques de mise à jour ” ont été distribués. Il convient de signaler les conclusions et les recommandations de cette étape:

1. Pour rédiger un bon cours de formation il faut connaître intimement la réalité à laquelle se confrontent les apprenants. Les dépanneurs savent beaucoup de choses par expérience et il est important que le formateur construise sur cette base. Le rôle d'instructeur demande une spécialisation; pour bien le jouer il faut avoir certaines compétences.

2. Il existe des situations pour lesquelles l'investissement dans la formation est plus efficace que celui dans l'information ou dans l'amélioration de la communication; il y a aussi des cas où la formation est moins opportune; il est essentiel de trouver le bon équilibre entre ces manières d'accroître l'expertise.

Les leçons présentées dans les succursales ont occasionné des rapprochements intéressants et ont été bien reçues parce que commodes pour les dépanneurs, mais le coût du déplacement et de l'interruption du programme, l'atmosphère inadéquate et les insuffisances d'équipement ont été des contre-arguments.

4. La motivation des participants diminuait du fait que les cours ne se terminaient pas par un examen dont les résultats auraient eu une conséquence immédiate. Il était difficile de trouver d'autres stimulants. L'absence d'une évaluation unitaire et objective ne nous permettait pas d'observer le niveau d'expertise atteint dans l'entreprise.

5. Nous proposons l'organisation de “ centres de formation ” au sein des “ départements techniques régionaux ” qui coordonneraient à la fois la formation et la distribution de l'information. Ils utiliseraient des ingénieurs experts en dépannage et en instruction et des équipements appropriés.

6. Chaque dépanneur devrait se déplacer pour participer périodiquement aux cours de mise à jour organisés par ces centres. A la fin du cours, il subirait un examen détaillé. Le résultat de cette évaluation serait un critère incontournable pour la promotion.

7. Les centres éditeraient périodiquement un bulletin d'information qui contiendrait les aspects techniques nécessaires pour résoudre les pannes des nouveaux appareils.

8. Les centres élaboreraient un système de “ questions et réponses ” complet, couvrant les situations typiques qu'un dépanneur pourrait rencontrer lors de son activité. Ce système (continuellement mis à jour) soutiendrait le perfectionnement “ autodidacte ” des techniciens et le système des tests utilisés pour les examens périodiques.



### Troisième étape

Ces propositions ont été acceptées. J'ai été nommé coordonnateur du "département pour le perfectionnement professionnel" qui disposait d'un local, d'un budget et d'une équipe spécialisée d'ingénieurs. Les "entrées" du système étaient: 1. Les demandes explicites de savoir-faire, formulées par le réseau de dépannage, ou signalées par les départements de conception et de production. 2. Les informations techniques nécessaires. 3. Les analyses de l'activité de dépannage. 4. La base d'observations sur la situation des connaissances des dépanneurs (feed-back).

Les "sorties" étaient : 1. Le programme de perfectionnement, l'horaire et le guide méthodologique. 2. Les cours destinés à présenter chaque nouveau produit ou à renforcer les connaissances générales. 3. L'organisation des laboratoires et des salles de cours et des instruments nécessaires au bon déroulement de l'instruction. 4. L'instruction proprement dite. 5. Le bulletin d'information périodique et les annonces au sujet des nouveautés. 6. Les questionnaires utilisables pour la vérification des connaissances. 7. L'examen systématique des dépanneurs. 8. Les analyses périodiques de la situation de la formation et des moyens utilisés pour l'améliorer.

Après quelques années de fonctionnement, ce système a atteint des performances remarquées, autant sur le plan pratique (les nouvelles techniques étaient absorbées assez facilement) que sur le plan structurel (nous étions devenus capables de répondre de manière organisée à une demande de diffusion de la connaissance et même de veiller au coût de la solution). L'expérience acquise nous a permis de tirer des conclusions sur l'efficacité de l'activité de perfectionnement. Le coût du déplacement périodique des dépanneurs pour suivre les cours de formation était élevé et une forme d'instruction à distance aurait été très opportune. L'effort de formation était peu rentable s'il n'était pas accompagné de modifications majeures du système! On dépensait trop pour pallier au manque d'intérêt de la part des dépanneurs, pour découvrir des motivations artificielles qui n'arrivaient pas à remplacer les motivations naturelles et vigoureuses que les dépanneurs auraient eu dans un système économique et social compétitif. On payait un prix énorme pour le refus du principe de la compétence.

### Quatrième étape

On était arrivé à un certain équilibre de compromis entre plusieurs composantes qui connaissaient des difficultés dues au système englobant dans lequel on essayait d'optimiser notre sous-système. On a commencé à mettre au point de nouvelles techniques d'information, de formation et d'entraînement, à l'aide d'ordinateurs et de la technologie vidéo qui promettaient une forte réduction de dépenses.

La révolution de 1989 a profondément secoué notre petit monde. Nos investissements structurels auraient pu être exploités, on aurait dû nous féliciter de ne pas nous être contentés “ d’instruire ” mais d’avoir cherché des méthodes de design pour l’instruction, dans son contexte systémique. Mais le système plus grand éclatait... Toute l’activité de l’entreprise a du être brusquement redéfinie, conformément aux nouveaux critères du marché libre. En quelques années, la production indigène de composantes et d’appareils a cédé la place à l’importation. Les prix et le nombre de marques ont grimpé. Les fonds alloués à la formation ont disparu.

Je n’ai pas pu participer à la conversion de notre centre. Pour des raisons que le prochain chapitre révélera, cette longue aventure a pris fin pour moi! Ce fût la faillite d’un long effort d’organisation.

L’expérience décrite ici m’a pourtant permis d’observer les éléments caractéristiques de la formation en entreprise et de l’ingénierie de l’instruction. J’ai pu élargir ma vision sur l’univers de l’explication: en enseignant, en rédigeant des cours et des bulletins, en concevant des programmes et des systèmes d’évaluation, en mettant au point un système complexe pour le développement de l’expertise collective. Je résume ci-après les conclusions importantes.

### **Observations sur l’ingénierie du système de formation**

#### L’aspect systémique et dynamique

En passant du contexte scolaire au contexte industriel, j’ai mieux saisi l’aspect systémique, la dépendance du processus explicatif du cadre dans lequel il se manifeste. Tout était différent: la structure et la dynamique du curriculum, les buts et les motivations, les conditions et les instruments, l’évaluation. Les acteurs agissaient et étaient gouvernés par des règles, des hiérarchies, des habitudes, des valeurs, des intérêts et des besoins. Les départements de formation, de documentation, de communication, de personnel étaient des tissus de l’organisme avec des organisations internes et des relations réciproques. A son tour, l’entreprise était un sous-système de la société, avec un métabolisme propre et un espace d’interférences extérieures. Les employés étaient aussi des citoyens. *Le processus explicatif n’est-il pas submergé à plusieurs niveaux de profondeur dans des systèmes sociaux qui influencent sa physiologie?*

*Même si l’action de l’ingénieur opère à l’intérieur d’un sous-système, le design de cette action doit respecter ce que j’appellerais “ les conditions de compatibilité à la périphérie ”, c’est-à-dire les déterminations extérieures. Nous n’avons pu intervenir qu’après avoir mis en évidence les relations existant dans le système à l’intérieur duquel on nous avait demandé de produire des changements. Nous avons dû observer: les besoins des clients, les caractéristiques des produits à dépanner, l’action de dépannage, les connaissances et*

la personnalité des acteurs, les conditions techniques et les sources d'information, la manière dont les acteurs étaient recrutés, payés, appréciés, traités par l'administration.

Dans le sous-système d'instruction, nous découvrons un autre métabolisme systémique. Les instructeurs, les instruments, le cadre, les notions, les critères, l'influence du passé étaient autant d'éléments à corrélés. L'ensemble des étapes de notre action, pour ne pas représenter une chaîne aléatoire d'événements, a dû être traité comme un système de développement de l'instruction de l'entreprise. Tout cela a réclamé la recherche d'un compromis global pour la distribution de l'effort de formation sur le territoire, dans le curriculum et dans le temps

Le caractère systémique s'est manifesté même au niveau des buts à atteindre et des moyens à utiliser. Le but a été remplacé par un système (espace) de buts. Dans l'entreprise, les individus devaient produire efficacement. Pour pouvoir le faire, ils devaient savoir comment le faire. Mais le savoir n'était pas un but en soi. On pouvait optimiser la production par une meilleure organisation ou par l'amélioration des outils. La simplification d'une tâche pouvait s'avérer préférable aux mesures pour assurer sa compréhension! Pour améliorer le savoir-faire, il y avait une multitude de moyens, et le choix de la bonne combinaison variait d'une situation à l'autre. Parfois, il était suffisant de disposer d'une bonne documentation, utilisable au moment opportun (s'informer). D'autres fois, ce n'était que l'expérience qui pouvait établir progressivement les réflexes nécessaires. Enfin, la communication ou la coopération avec un guide (assistant) pouvait être la meilleure solution. Parfois il était incommode ou impossible de faire appel à la documentation et il devenait préférable d'intégrer les connaissances, d'apprendre ou de se former. Mais même au niveau de l'instruction, nous avons observé des nuances. Quand on nous demandait que les dépanneurs résolussent rapidement les pannes sur des nouveaux produits, même s'ils le faisaient mécaniquement, les leçons- informations étaient acceptables. Quand on nous demandait d'assurer une compréhension logique, l'enseignement changeait. Enfin, quand nous nous préoccupions d'éducation, il fallait diriger l'apprentissage de manière à stimuler des modifications des comportements et des conceptions.

Faciliter l'évolution du " savoir pour faire " demandait une perpétuelle oscillation entre les diverses façons d'améliorer l'expertise. Le choix était d'autant plus difficile que la situation était labile. La réalité posait de multiples restrictions et nous ne disposions pas de principes fermes, de méthodes et d'instruments optimaux. Souvent dans la " planification " de la formation nous ne partions pas de la " radiographie " exacte du système pour lequel nous concevions l'instrument d'aide. Nous ne savions pas quel était le rapport optimal entre le savoir par documentation, le savoir par expérience et le savoir par apprentissage, car celui-ci était sujet à de fortes variations. Nous nous basions sur un état de fait, qui nous déterminait à investir dans la

documentation. Et nous avons la surprise d'une évolution qui nous obligeait à reconsidérer tout le travail... Ou, par contre, nous nous lançions dans des cours fastidieux selon des estimations de production que la réalité contredisait... *C'est pénible de dépenser pour établir des solutions précises pour des situations qui changent vite par la suite... Les cas où l'effort d'optimisation coûte plus que le gain qu'il apporte peuvent décourager.*

Les changements continuels dans la fabrication demandaient à l'évolution de l'expertise un rythme parfois insupportable. Avant de proposer une action instructive, il fallait s'assurer qu'elle serait opérationnelle dans un certain laps de temps. Ni le concepteur, ni l'apprenant ne bénéficiaient d'un grand espace de manœuvre... Voilà le cadre réel de la formation en entreprise : un régime permanent de transition. *Au lieu d'un système réalisé pour une longue utilisation, on exige un système dynamique et léger. Le curriculum est "fluide", l'environnement doit pouvoir capter la source du savoir en évolution et le distribuer dans un délai réduit. L'instrument doit soit pouvoir être conçu rapidement, soit pouvoir être adapté aisément.*

### L'ingénierie

Après avoir établi la place des instruments dans la formation, de la formation dans l'évolution du savoir-faire et du savoir-faire dans la performance, l'ingénieur de formation doit se pencher sur le design des instruments destinés à instruire pour savoir pour opérer; il ne peut pas (ou ne doit pas) les changer. Par contre, l'ingénieur de la performance via le savoir-faire via l'instruction doit distribuer son design à plusieurs niveaux superposés. Il pourra (ou devra) envisager et demander des modifications du système dont la formation est un sous-système. Il pourra aussi faire des choix sur les composantes du système explicatif ou envisager de produire de nouvelles composantes - instruments.

*Cette ingénierie délicate réclame une approche systématique, une expertise hybride, une vision systémique.*

Il ne suffit pas d'être spécialiste dans l'optimisation des systèmes, d'être fabricant ou gestionnaire d'outils, d'être expert en instruction, d'être expert dans la théorie du domaine expliqué, de connaître les participants au cours en tant qu'opérateurs et étudiants. Il faut, en plus, porter une attention continue à l'évolution de la situation dans l'entreprise et intégrer toutes les dimensions dans une action unitaire et prompte.

*Optimiser en temps utile "la performance via le savoir-faire via l'apprentissage via l'instruction via les instruments" réclame une grande capacité de réaction. Un design exact ("scientifique") par application des schémas théoriques est impossible. Même si on pouvait établir le "système d'équations" qui décrit le problème, il serait trop complexe pour être résolu! Il n'est pas surprenant que la technologie de l'instruction soit plutôt une synthèse de l'expérience des technologues, qu'un instrument qui soutient un design "déductif". Cela ne veut pas dire que l'action des bons ingénieurs de formation est arbitraire. L'induction*

peut aussi être gérée systématiquement. Sur le terrain, chacun se débrouille à cause de la capacité fantastique de l'homme d'agir raisonnablement, sans contrôler totalement la situation.

*La situation hypercomplexe et dynamique de la formation oblige le technologue de l'instruction à recourir au bricolage. Mais l'artisanat, s'il convient à l'auteur de l'explication, dérange l'ingénieur parce que la créativité des acteurs ne favorise pas la reproductibilité du système. L'ingénieur cherchera à produire des systèmes qui produisent de l'instruction qui produisent du savoir... Il essaiera de déplacer la créativité du plan de l'exécution au plan de la planification. Le péril est qu'en agissant ainsi, il risque de planifier ce qui ne peut l'être et pousser les acteurs de l'explication qu'il "programme" vers des rôles rigides et désagréables. Quand on programme des systèmes qui comportent des acteurs humains, il faut penser à leur créativité et ne pas les pousser à agir comme des robots. L'autre tentation qui guette l'ingénieur qui cherche une "modélisation opérationnelle" est de schématiser ou de simplifier jusqu'à s'éloigner de l'essence complexe du problème. Une de ces réductions est de ne pas tenir compte de la subjectivité et des motivations.*

#### L'espace des motivations et l'évaluation

Les cours de formation ont des objectifs précis et spécifiques. Mais il n'en n'est pas de même pour les acteurs qui y participent... Les employeurs sont conscients que l'émancipation globale (intellectuelle) de leurs employés apporte une certaine croissance d'efficacité mais ils ne se pressent pas à investir dans la formation. En effet, ils craignent que l'investissement consenti pour la formation d'un spécialiste ne soit anéanti par son éventuel départ de l'entreprise. L'employé peut très bien emporter le capital de formation et même le mettre au service d'un concurrent. Il serait donc intéressant de donner au savoir-faire une forme capitalisable pour l'employeur. L'expertise, incorporée dans un objet instructif et didactique, confère une plus-value à une leçon ponctuelle. La mémoire "réifiée" offre au "capital en expertise" une meilleure garantie. Il reviendra aux acteurs humains de le mettre à jour.

On peut cependant s'attendre à de la résistance comme celle que j'ai souvent rencontrée. L'expert humain ne semblait pas intéressé à soutenir une compétence qui allait affaiblir sa position. Les effets désagréables du départ d'un employé qui prendrait avec lui l'expertise, représentent pour lui une sorte de garantie de l'emploi ! S'il extériorisait son savoir, il deviendrait plus ...remplaçable. Le conflit d'intérêts peut nuire de manière visible ou insidieuse à la diffusion de l'information! *La boucle de réaction positive de la concurrence, stimulante pour la performance, peut agir comme réaction négative, inhibitrice pour l'explication. la disponibilité d'explication!* Ce "paradoxe de l'explication" peut se retrouver dans d'autres contextes et nécessite une attention spéciale. Il est un signe de l'importance de la motivation qu'un formateur doit gérer attentivement.

J'ai saisi à maintes reprises l'effet de la qualité du discours sur l'attention des auditeurs et finalement sur le résultat des cours. *L'homme est reconnaissant à celui qui lui épargne les efforts.* Les dépanneurs ont réagi à la richesse, à la profondeur, à la pertinence et même à la beauté des présentations. Ils se sont avérés sensibles à une organisation structurée et pédagogique de l'explication, appréciant une introduction progressive, des métaphores illustratrices, des exemples pratiques, une traduction des idées dans leur langage, une utilisation de cartes notionnelles, etc. Mais en même temps, j'ai pu saisir les effets spécifiques du contexte sur la motivation et sur la réaction des acteurs. Si le sujet intéressait, le formateur n'était pas obligé de conquérir l'auditoire; il lui suffisait de ne pas le perdre. Si le sujet n'intéressait pas, il était beaucoup plus difficile de réveiller l'attention de ce public adulte que celle des élèves d'une l'école. Le pragmatisme semblait dominer les motivations. Le cours répondait à des besoins précis, consentis ou imposés, mais peu négociables.

Dans ce contexte, l'évaluation des connaissances devenait un levier important pour influencer la motivation. Elle était favorisée par des sujets précis d'étude. On pouvait estimer avec une certaine pertinence l'efficacité du nouveau savoir-faire et par conséquent, de manière indirecte, le résultat de l'effort d'instruction. La mesure de l'efficacité globale du cours restait compliquée si on voulait tenir compte de tous les accomplissements cognitifs et de tous leurs futurs effets. Il était difficile d'évaluer l'influence du "savoir-faire" sur le "faire" et de la "formation" sur le "savoir-faire", en corrélation avec les autres leviers (expérience, documentation, etc.) et en comparaison avec les autres modalités de formation qu'on aurait pu envisager. Disposer de moyens pour mieux estimer l'efficacité des instruments d'aide était très important, autant pour le bénéficiaire que pour le concepteur.

#### Le processus de l'explication en formation et les promesses de l'ordinateur

Le contexte et le curriculum déterminaient le rituel de l'explication en entreprise. Le besoin d'expliquer le fonctionnement des appareils et la stratégie de dépannage généraient des situations variées et intéressantes. En ce qui a trait à la logique ou à la rhétorique de l'explication, j'ai déjà formulé des observations dans les chapitres précédents. J'ajoute ici quelques éléments spécifiques concernant la physiologie du processus explicatif.

Quand nous avons à transmettre des connaissances déclaratives simples, les modules de présentation courts et autonomes étaient suffisants. Souvent les cours n'étaient même pas nécessaires et on devait produire seulement des ressources d'information. Quand la compréhension du sujet était complexe et problématique l'explication interprétée par un instructeur était plus utile. Ainsi l'explication des systèmes très complexes

exigeait une présentation longue, progressive et interactive. Il fallait organiser le discours de manière cyclique en ajoutant des détails et en les liant à la structure de l'ensemble. Pour cela on utilisait des "schémas" raffinés progressivement (des modèles synthétiques des systèmes expliqués). Nous avons remarqué que les diagrammes avaient la capacité de mettre en évidence l'unité des systèmes à expliquer. D'autre part, le discours sériel était nécessaire pour faciliter "la lecture" d'un schéma complexe. Le processus de mise en série discursive et de reconstitution schématique des sujets complexes était l'essence du rôle d'interprète du curriculum et demandait des méthodes et des instruments appropriés.

Quand nous devions présenter le processus d'un système complexe, la gestion du parallélisme et de la sérialité devenait encore plus difficile et on éprouvait le besoin d'instruments plus forts (par exemple des schémas animés ...) Ce fut à ces occasions que j'ai pensé à l'utilisation de l'ordinateur pour gérer plus facilement les processus de sérialité/ parallélisme. Ce fut aussi mon point de départ de l'étude du multimédia...

J'ai noté aussi la nécessité de présenter le discours sur plusieurs pistes à la fois! Prenons l'exemple de l'explication d'un réglage pour le module de couleur d'un téléviseur. L'étudiant devait regarder la piste "algorithmique" pour saisir la position de l'étape courante. Il devait regarder aussi la piste "théorique" qui expliquait les raisons de ce qui se passait, souvent à l'aide d'un modèle graphique enrichi par du texte. Il regardait la carte physique du téléviseur et son écran pour voir l'effet des différentes actions. Il regardait un oscilloscope ou un autre instrument de mesure. Il regardait le schéma électrique, le schéma bloc et le schéma du câblage pour y placer son intervention. Quand il passait à une autre étape, la situation de toutes les pistes changeait en conséquence. En regardant sur une piste ou une autre, il pouvait comprendre un autre aspect ou voir la situation sous un autre angle. La gestion de ce "stéréo - discours" était difficile ; j'ai résolu d'explorer le potentiel de l'ordinateur dans cette direction.

Pour maîtriser des procédures, je devais considérer le côté "action". On apprenait le savoir-faire en le faisant selon le dicton "fabricando fit faber" Le savoir et l'action devaient se développer réciproquement dans une spirale que la présentation "théorique" (énonciative) ne pouvait pas remplacer. La nécessité d'apprentissage actif ("learning by doing") était évidente. Sauf que, bien souvent, on n'avait pas le temps ou les moyens de faire de tels exercices. De temps en temps, on envoyait les dépanneurs en entreprise pour faire un stage d'étude sur la "bande de réglage" des nouveaux produits. L'utilité des simulateurs nous parut évidente.

Ce fut une autre raison de songer à l'ordinateur... pour l'explication. Celui-ci promettait aussi un appui pour la gestion administrative de la formation et l'intégration de l'instruction dans le système informationnel

de l'entreprise. Nous avons utilisé par exemple l'ordinateur pour faire l'évaluation des tests et l'analyse des résultats et pour la rédaction du bulletin de l'entreprise. Pour l'intégration de l'instruction avec la documentation, la communication, la coopération ou l'entraînement, l'ordinateur pouvait avoir un rôle important surtout si ces systèmes étaient informatisés ou si les opérations à apprendre étaient faites à l'aide d'ordinateurs. Je pensais à un simulateur qui contiendrait une piste explicative et qui permettrait le travail coopératif entre le novice et l'expert; ou encore à un système de documentation qui s'enrichirait automatiquement des fichiers qui résulteraient de l'activité de formation et de communication et qui permettrait des annotations (questions et réponses)....

Intégrer ces processus informatifs dans la physiologie d'un seul système, capable de flexibilité, ne serait-il pas à la fois naturel et efficace? L'ordinateur pourrait nous aider à gérer la variabilité en facilitant l'adaptation du système d'instruction. Durant une même explication, le style d'assistance devait pouvoir être changé. Une fois l'utilité de l'adaptation (flexibilité, métamorphose) formulée, il restait à penser à la manière de l'implanter. Comment devrait-on distribuer les rôles pour assurer l'adaptation dans des systèmes d'explication? Comment a lieu la négociation entre les deux partenaires, lorsqu'ils travaillent en coopération? Pourrait-on utiliser l'ordinateur pour leur faciliter le réglage de l'adaptation ou même pour participer à ce réglage ?

J'ai commencé à étudier les potentialités de l'ordinateur comme instrument d'un système explicatif. J'avais rencontré ce nouvel instrument lors de projets informatiques que j'ai eu la tâche de diriger. J'avais conçu des "pilotes d'interface" et même le "système d'amorçage" pour l'ordinateur personnel "CIP" que mon entreprise a mis sur le marché roumain. Puis, je me suis occupé de la documentation et de l'instruction nécessaires au dépannage des "CIP". C'était pour finalement parvenir - une convergence prévisible- à chercher ses applications éducationnelles...

Mais le contexte et la vision de cette étude ont ensuite changé radicalement pour des raisons qui seront présentées dans le prochain chapitre.



## Chapitre A7: Un militant

- le contexte social et politique de l'explication -

### Un préambule

Les chapitres antérieurs ont mis en évidence les influences du contexte de l'explication sur son déroulement. Il y a des différences significatives entre le rituel explicatif dans une école, une université, une télé-université, une leçon privée et un moment de formation. J'ai aussi noté les implications de l'organisation sociale de l'entreprise sur l'ingénierie de l'instruction. Ce constat est généralisable: le tissu de l'explication est intégré dans un organisme social qui l'influence par tous les pores. Je dédie ce chapitre à la dimension sociale de l'explication, parce qu'il décrit une étape de ma vie où j'ai vécu des changements dramatiques de contexte (la révolution roumaine de 1989, l'émigration, ma réorientation professionnelle).

Le moment est venu de renoncer à la séparation qui m'a permis d'isoler les systèmes décrits précédemment (élève- professeur, lecteur- livre, formateur- dépanneur, ingénieur- formateur). Je vais donc dépasser le stade des allusions accidentelles pour rendre le contexte social et politique dans lequel mes expériences ont été submergées. Je suis conscient de modifier " a posteriori " la signification des chapitres précédents. J'ai préféré le discours en spirale en retardant les aspects que je vais maintenant évoquer, parce que je crois que ces aspects auraient pu diminuer la lisibilité des observations sur le processus de l'explication. Cette nouvelle couche devrait illuminer différemment le sujet, surtout au niveau des attitudes et des motivations des personnages.

Dans le seul chapitre dédié à la dimension sociale et à l'explication des sujets non- techniques, j'ai choisi un style très direct, tout en étant conscient que mes affirmations pourraient provoquer l'irritation ou la contestation de ceux qui ne seront pas en résonance avec moi. En entrant dans le monde des opinions et des interprétations socio-politiques, je m'attends à payer le prix de la relativité ...

### L'expérience " Pitesti " et l'éducation par la force

Les événements explicationnels décrits dans les chapitres précédents ont eu lieu dans une société pénitentiaire, un mélange monstrueux entre un camp de concentration et un asile d'aliénation. A la fin de la deuxième guerre mondiale l'Union Soviétique a englouti l'Europe de l'Est et a installé dans chaque pays un régime communiste d'occupation. Au caractère sombre, absurde et répressif déjà insupportable du communisme soviétique, ces régimes ajoutaient les humiliations et les destructions de l'occupation et la

pression pour l'involution de la société vers des formes beaucoup moins civilisées que celles qu'elles remplaçaient par force. Les sociétés ainsi agressées ont opposé une résistance qui s'est vite avérée inutile à cause de leur isolement et de la passivité des pays occidentaux face aux agissements de leur allié de guerre... Le rapport de force disproportionné a conduit à l'écrasement des pays victimes.

La Roumanie a connu une répression féroce. On ne connaît pas encore le bilan exact du génocide, mais les témoignages montrent qu'ont été décimées toutes les " couches sociales " qui ont opposé ou auraient pu opposer une résistance à l'instauration de la " nouvelle société ". Entre 1947 et 1964 dans les prisons et les camps ont été maltraités et décimés les politiciens, les journalistes, les prêtres, les écrivains, les étudiants, les enseignants, les paysans qui ne voulaient pas renoncer à leurs terres, les intellectuels qui ne voulaient pas renoncer à leurs idées. Je ne vais pas faire ici le récit ou l'analyse de cette immense tragédie, décrite par une vaste littérature. J'ai choisi un seul exemple, à cause de sa force symbolique et de son caractère d'expérience éducative limite, l'exemple connu dans la littérature historique comme " le phénomène Pitesti ".

Cette " expérience " a été lancée en 1950 dans la prison de la ville roumaine Pitesti, où étaient incarcérés les étudiants. Le régime très dur de détention n'était probablement pas suffisant pour écraser physiquement et moralement les jeunes détenus. Les experts en la matière ont conçu un plan pour accélérer la " rééducation ". Ils l'ont mis en application avec la complicité de quelques détenus, entrés dans le jeu dans l'espoir d'obtenir la libération. Voici la procédure :

Au moment initial de chaque étape, dans une grande cellule, étaient réunies deux catégories de détenus. Les " rééduqués ", organisés et soutenus discrètement par la direction de la prison, avaient le rôle de convertir les autres, les " pas encore rééduqués ". Ceux-ci n'étaient pas au courant que les nouveaux compagnons de cellule étaient des " rééducateurs " et ne savaient pas ce que cela voulait dire. Certains détenus s'étaient connus avant l'arrestation, ils avaient été collègues, amis ou partenaires dans les activités déclarées " antisociales " par le régime antisocial ... Pendant un mois, l'atmosphère se détendait, les relations se consolidaient... Puis, brusquement, l'enfer était déclenché. A un signe préétabli et à l'aide de matraques cachées, fournies par des gardiens, les " rééducateurs " bondissaient sur leurs collègues de cellules en les passant à tabac. La surprise était grande, et les victimes, qui ne comprenaient pas qui et pourquoi on les frappait, ne résistaient pas debout longtemps. Écrasés par les coups et par la stupéfaction de se voir brutalisés par des amis, ils devenaient incapables de défense. La raclée collective continuait quelques jours, puis le rituel changeait dans une série de longues tortures individuelles auxquelles les victimes devaient assister en attendant leur tour. Les os étaient brisés, la chair déchirée, la bouche obturée avec des excréments, les têtes tuméfiées. Ce traitement continuait jour après jour, parfois un mois ou plus, jusqu'à ce

que chaque victime cède et se déclare rééduquée. La conversion se démontrait par la rénégiation des parents, des amis et des causes, la trahison des collègues, l'abjuration religieuse, la déclaration d'amour envers le communisme et finalement *l'acceptation du rôle de "rééducateur" pour la prochaine étape de l'expérience*. Le cercle se fermait avec la conversion de la victime en bourreau! Et il n'y avait pas de sortie... Quand un tortionnaire laissait transparaître sa pitié en ne frappant pas assez fort, il était réintroduit dans le cycle de la torture, et cette fois il était maltraité sans limite. Pendant les deux ans que la vague de rééducation a été propagée d'une cellule à une autre, un seul détenu a réussi à se suicider... Les autres n'ont pas pu le faire, même quand il ont voulu le faire. La plupart sont sortis de cette "expérience" complètement brisés humainement. Le phénomène a été propagé dans une certaine mesure à d'autres prisons politiques. Des éléments encore peu connus ont déterminé son interruption et l'effacement des traces moyennant un procès truqué qui s'est contenté de condamner... quelques détenus.

Cette application de certains principes des expériences pavloviennes à des sujets humains a été un succès horrible mais seulement à court terme. Une fois échappés du "système d'apprentissage" les "sujets" n'ont pas manifesté les traits qu'ils avaient "acquis" par force. En revanche leur blessure était irrémédiable.

Ce fragment de l'histoire de la répression en Roumanie est éloquent sur plusieurs plans. D'abord, *il nous avertit contre toute confusion entre l'éducation vue comme coopération consentie et l'éducation vue comme agression d'un homme de l'intimité d'un autre*. Mon plaidoyer pour l'explication "à deux" serait incomplet sans cette mise en garde. Tu enseignes à celui qui te le demande ou qui accepte librement d'apprendre. Cette condition de base devrait être assurée au niveau institutionnel par ceux qui mettent un professeur et un étudiant face à face. Parfois, au lieu de veiller à ce que le cadre extérieur de l'éducation soit sain, les "stratèges" des systèmes éducatifs demandent au professeur de construire par des moyens pédagogiques l'illusion de la liberté... Parfois, le contexte éducatif est tel que des professeurs vivent le délice de petits dictateurs ... Parfois, des étudiants par force se vengent sur un professeur prisonnier lui-même de la situation....

Dans le cas extrême exposé plus haut, on peut repérer aisément l'absence de liberté et l'abus (le viol) éducatif. Mais quand les situations sont moins claires, sommes-nous suffisamment sensibles au problème? Faisons-nous la distinction entre la didactique de l'éducation demandée, consentie ou imposée? Est-ce que tout est en règle quand nous parlons du "droit d'éduquer"? Il y a des personnes qui sont obligées de s'éduquer (de se rééduquer) avec des arguments plus raisonnables que ceux des tortionnaires de Pitesti... Il faut passer des examens pour "réussir", il faut acquérir de l'expertise pour trouver un emploi, il faut se tenir au courant pour rester compétitif, il faut connaître le curriculum national et patriotique, il faut apprendre le

rituel social et les règles à respecter, il faut acquérir les réflexes intellectuels de base. Il faut... Mais le passage de “ l’obligatoire ” à “ l’imposé ” est si fin... Certains veulent jouer le jeu, certains comprennent la nécessité, certains se résignent, certains endurent.

En effet, la pression, l’influence et la manipulation ont parfois des justifications raisonnables. Quand la nécessité, la tradition et l’arbitraire se mélangent, il devient difficile de formuler des conclusions. Laisser les enfants décider seuls de leur éducation ne serait pas une formule enviable. Mais il faudrait ne pas oublier qu’on leur impose l’école et qu’on fait tout pour que leur posture soit acceptable. Tout dépend de ceux qui accomplissent le rituel. *L’image des écoles comme des usines d’éducation, peut soulever des frissons d’émotion... mais aussi des frissons de peur. C’est ce genre de réticences sur de possibles connotations du terme “ éducation ” qui m’ont déterminé à me pencher sur “ l’explication ” qui suppose une réponse à une question vraiment posée...*

### **La "formation de l'homme nouveau" comme expérience ou “ Pitesti ” généralisé**

Le “ phénomène Pitesti ” explique bien l’essence de la tragédie roumaine entre 1944 et 1989, la terreur propagée en spirale. Les victimes forcées de devenir coupables, de faire des compromis dégradants, deviennent manipulables, incapables de révolte ou de résistance et finalement utilisables dans la propagation de la répression. C’est un cancer. D’après l’ancien chef de la police politique (“ Securitate ”) plus de 3 millions de Roumains (sur une population totale de 20 millions) faisaient en 1989 des délations sur leur entourage ... La contamination forcée a connu des formes très variées: des gens poussés à devenir malhonnêtes pour avoir à manger, à trahir leurs amis pour rester libres, à louer leurs oppresseurs pour améliorer un peu les conditions de l’oppression, à dire que le noir est blanc et à ne pas réagir aux injustices pour éviter les représailles, à devenir “ informateurs ” de la police politique pour protéger leurs enfants, à renoncer à leurs propriétés et à leurs idées pour sauvegarder une liberté partielle et provisoire. L’application conséquente de cette technique explique le succès du “ méta-phénomène Pitesti ” dans la “ formation de l’homme nouveau”. Le prix en a été le maintien de trois générations de “ rééduqués ” dans une détention, une terreur et une turpitude qui ont tué chez eux progressivement le courage de s’opposer .

Voici donc le contexte “ d’éducation ” qui a entouré mes expériences... Heureusement, à l’époque, je ne l’ai pas perçu clairement. J’étais jeune et assoiffé de connaissance, de performance, d’aventure, de vérité, de beauté, d’affection. Après 1965, les apparences étaient d’ailleurs plus supportables, car la répression directe systématique n’était plus nécessaire. La peur était devenue autonome. Une terreur diffuse, un silence suspect

et une atmosphère absurde régnaient. Nos parents, qui avaient subi le choc de la répression, se taisaient maintenant surtout face à leurs enfants et nous apprenaient à nous taire.

Une perception nette de notre condition n'aurait d'ailleurs pas été préférable, car elle n'avait pas eu que la sortie de la folie ou du sacrifice. Il fallait vivre dans l'espace accessible de la profession, de la famille, des amis, de l'art, de la philosophie. Les gens s'étaient divisés en quelques catégories c'est-à-dire les gardiens, les profiteurs, les victimes placides, les résistants, et ceux qui voulaient résister à l'intérieur. Dans cette dernière catégorie on se reconnaissait par des signes subtils: la non- implication dans l'activité politique, la non- utilisation des slogans, le fait de ne pas grimper dans l'échelle administrative, le dévouement professionnel en dépit de l'absence d'une récompense juste, la solidarité. Plusieurs intellectuels de profil humaniste cherchaient dans des professions techniques ou scientifiques la préservation d'une certaine dignité. On sentait que bien faire un métier " propre " était une forme de résistance.

Les ressorts de cette réaction ne me sont pas encore clairs. Je la consigne néanmoins dans l'espoir qu'elle jette une autre lumière sur les scènes que j'ai déjà décrites. On peut ainsi revoir mes professeurs ... enseignant autre chose que ce qui était dans les manuels, évitant la pollution par les slogans obligatoires, nous apprenant à penser et à aimer le contraire de ce qu'ils avaient comme mandat de nous apprendre, nous révélant la beauté du raisonnement et de l'émotion, se dévouant. Peut-être qu'ainsi deviendront plus compréhensibles mon intérêt pour l'explication généreuse et ma peur d'un monde avec des explications mais sans professeurs...

Le marasme produit par la gigantesque expérience " d'éducation forcée " est devenu évident après la " révolution " roumaine de 1989. Sans cette dimension " éducative ", les prisonniers survivants, comme ceux d'un camp " classique " de travail ou d'extermination, auraient réagi de façon différente à leur libération. Ils auraient voulu renverser le pouvoir des gardiens, libérer la cité de leur menace, établir la vérité sur les crimes commis, dénoncer l'absurdité des anciens slogans et des anciennes valeurs, demander des explications et des dédommagements .

Les choses ne se sont pas passées ainsi en Roumanie. La " révolution " de 1989, malgré un relâchement de la répression (revenue cependant en force à plusieurs reprises, sous des formes nouvelles), s'est avéré à servir surtout de masque pour une reconversion cynique de l'oligarchie communiste en patronat sans scrupules ni compétences. Dix ans après 1989, les dossiers ont été fermés à clé, les vérités et les derniers témoins ont été enterrés, les tortionnaires ont été protégés, les protestations étouffées, d'anciens maîtres ont été plébiscités aux élections, les partis démocratiques se sont avérés impotents, la mafia politique a eu la main haute sur

l'ancienne propriété d'état, la société s'est enlisée matériellement et moralement, les jeunes spécialistes ont quitté en masse le pays. Cette évolution n'est qu'apparemment surprenante. Elle est le résultat direct des deux mécanismes qui ont coopéré à maintenir la population dans les mains de ses anciens oppresseurs: le fait que ceux-ci n'ont jamais quitté les leviers du pouvoir et le profit qu'ils ont tiré de la rééducation (aliénation) prolongée du peuple roumain.

### **La révolution et l'explication ...**

Percevant le besoin de désintoxication de la société j'ai décidé, après décembre 1989, de mettre mes énergies explicatives à la disposition d'une vraie révolution.. Je n'avais aucune expérience de propagande contre-éducative, mais j'étais motivé plus fort que jamais à aider mes concitoyens à se libérer d'un régime état qui nous empêchait de lutter pour l'émancipation. Je résume ici cette aventure d'explication.

Je me suis lancé dans une campagne de sensibilisation. J'ai rédigé des revues et des manifestes; j'ai proposé à la presse des articles; j'ai réussi à faire passer au début des appels à la télévision; j'ai participé à des conférences et à des manifestations de protestation; j'ai tenté de convaincre des personnalités culturelles à s'impliquer dans le combat politique ; j'ai conçu la plate-forme d'un parti de "renaissance spirituelle " et j'ai essayé de le faire fonctionner; j'ai fondé des associations civiques de dialogue, d'explication et d'action; j'ai posé ma candidature aux élections et je m'en suis retiré pour protester contre les conditions électorales impropres; j'ai mené des grèves de la faim; j'ai découvert dans une forêt des charniers datant de l'époque du génocide et j'ai essayé de faire démarrer l'enquête judiciaire; j'ai conduit l'alliance de l'opposition contre le régime néocommuniste dans un des districts de la Roumanie ....

Je m'étais attendu à de grands obstacles mais la réalité a dépassé mes attentes. Mes articles ont été refusés par une presse dominée encore par les anciens propagandistes du " parti unique ", convertis à un rite pseudo-démocratique. Mon appel à la télévision a été " traité " de façon à devenir incompréhensible. Plus tard, la télévision s'est complètement fermée aux voix de la contestation et s'est prêtée à une formidable campagne de désinformation. Les meetings se sont heurtés aux policiers qui réprimaient difficilement leurs réflexes et à des provocateurs utilisant des moyens de plus en plus sophistiqués. Les appels lancés aux intellectuels se sont soldés par un refus quasi-général (" Nous ne faisons pas de politique "). Les jeunes qui protestaient dans la rue contre la confiscation de la révolution ne supportaient pas l'idée de créer un parti pour organiser la résurrection. Les partis démocratiques nouvellement nés ne voulaient pas unir leurs forces. Les journaux asservis dominaient sans partage dans un district comme le mien, où les autres journaux ne pénétraient pas. L'ancienne police politique avait le contrôle souterrain de la situation et utilisait un mélange efficace de

chantage et de diversion. Les informateurs qui n'avaient pas été "déconspirés" influençaient irrésistiblement l'opinion publique en diffusant des informations et des conceptions impossibles à contrecarrer. Intrigués par l'agressivité de la population, nous avons employé des sondages par questionnaire pour nous convaincre que l'électorat croyait dur comme fer toutes les aberrations que la propagande lui avait inoculées. Dans ma ville, beaucoup de gens se sont laissés persuader que j'étais à la solde des pouvoirs étrangers, que je détenais des armes à la maison, que j'étais un escroc avec un lourd casier judiciaire, que je voulais renverser par la force le jeune pouvoir démocratique pour instaurer l'esclavage et laisser les gens sans emploi.

Dans ces conditions, comment faire passer mon message? Ma nouvelle posture "d'explicateur" était ingrate. Pour la première fois, je voulais expliquer quelque chose, montrer que les gens étaient conditionnés et poussés à ne pas vouloir m'entendre. Le clivage entre les deux Roumanie se transformait en abîme. Des amitiés de longue date se déchiraient, des familles se séparaient. C'était un gigantesque dialogue de sourds. Parler aux siens était facile mais n'était pas nécessaire, parler aux autres était essentiel mais n'était pas possible ...

Le barrage des médias, le bruit de la machine de propagande et les connaissances préalables du public empêchaient la compréhension correcte de notre signal. C'était le triomphe d'une ingénierie "constructiviste". Les anciens "éducateurs" connaissaient si bien l'échafaudage conceptuel inculqué à leurs élèves qu'ils pouvaient les manipuler avec précision par des messages absurdes et incroyables. Ils ont même pu profiter copieusement de notre propagande, qui ne faisait que déclencher la lecture opposée à celle attendue par les auteurs! J'ai constaté à maintes reprises ce phénomène de relativisation objective; tout texte qui charmait mes camarades enrageait les autres! Nos messages ne faisaient que renforcer la haine envers notre cause et la solidarité avec les gouvernants. Le déclenchement d'une grève, le remplacement d'un dirigeant, la fondation d'une organisation, une arrestation, la promulgation d'une loi, la signature d'un accord, l'affirmation d'une opinion, le déroulement d'un incident, tout était perçu positivement ou négativement selon le camp du lecteur! La plus banale information factuelle avait cette propriété caméléonesque: elle changeait de sens selon le point de vue du lecteur.

Pour attirer l'attention sur cet état de choses, j'ai eu recours, avec six autres compagnons, à une grève de la faim dans le parc central de notre ville, en essayant d'expliquer à nos concitoyens apprivoisés ce qu'on voulait dire par "La liberté ne se mendie pas!" et "Les démonstrations perturbent la paix des coupables". On a résisté seulement 48 heures... Pendant tout ce temps, on nous insultait, on nous harcelait, on nous crachait dessus, on nous menaçait, on nous "démasquait", on nous regardait avec une haine inoubliable, on

nous menaçait de nous immoler. La brutalité aveugle des partisans de l'ancien pouvoir parlait de soi... A peine sommes-nous sortis indemnes de l'attaque finale qui nous a obligés à continuer la grève de la faim en dehors de la ville. La situation était devenue insupportable. Il fallait faire quelque chose pour empêcher qu'on nous ferme la porte vers la liberté.

Ceux qui voulaient empêcher l'alliance monstrueuse entre les bourreaux et leurs victimes hypnotisées ont participé à un meeting au centre de Bucarest au printemps 1990. Nous nous sommes joints à cette manifestation. Pendant 52 jours, la Place de l'Université s'est transformée en une gigantesque tribune d'explication collective. Les uns après les autres, les orateurs ont témoigné de leurs souffrances de prisonniers, ont démasqué les mécanismes de la dictature, ont manifesté leur joie de participer à ce cri collectif de dignité, ont affirmé leur soif de normalité, de liberté et de justice. Les dizaines de milliers de participants applaudissaient avec ferveur et avec l'espoir que leur message serait compris par tous les Roumains.

Mais le message n'a pas été compris. Le dénouement a été très différent de celui qu'on espérait, mais, dans un certain sens, dans l'ordre des choses. La capitalisation du pouvoir dans l' " éducation des masses " a pu être exploitée de manière imparable. Les " élections " ont été gagnées par les néo-communistes, le meeting et la résistance ont été écrasés avec l'aide de la population fidèle qui n'a pas pu supporter les idées des " voyous " de la Place de l'Université.

Une terrible dépression a envahi le camp anticomuniste, choqué, humilié et effrayé par cette défaite néfaste. Une bonne partie des jeunes protestataires ont émigré ou ont renoncé à la politique. Après deux ans d'efforts politiques et éducatifs stériles, dégoûté et déprimé, j'ai quitté le champ de bataille, en y laissant mes racines... J'ai emporté au Québec l'ombre d'un échec humain et éducatif majeur et le désir de le comprendre et de le dépasser.

### **Un choc culturel**

Le contact avec ma nouvelle société aurait pu être moins dur si je n'avais pas eu l'idée de chercher au début un poste d'enseignant en mathématiques dans une école secondaire. Le souvenir des yeux lumineux et parfois même humides d'émotion de mes anciens élèves de Roumanie m'avait fait croire que cette position allait soigner mes blessures. J'avais encore à apprendre sur l'importance du contexte dans l'éducation...



Je m'imaginai déjà comme guide conduisant les élèves assoiffés de savoir, leur révélant la beauté de la pensée mathématique. J'ai trouvé un contrat pour enseigner à des classes de 5<sup>ème</sup> secondaire. L'âge des élèves, en moyenne 17 ans, me convenait. J'étais sûr de pouvoir les charmer avec des incursions logiques, esthétiques, philosophiques, ludiques, avec des exposés clairs, riches et surprenants. Je n'ai charmé personne .

Le premier jour, le directeur m'a mis au courant des règles et des valeurs de l'école. J'ai trouvé cela normal, car je connaissais l'importance du contexte de l'enseignement, même pour les mathématiques. J'ai écouté avec attention, décidé de respecter les consignes. Quelques instructions me paraissaient normales, quelques-unes me plaisaient, d'autres m'avaient choqué. J'ai aimé l'accent mis sur la liberté des élèves, sur les relations civilisées dans la salle de classe et l'orientation pragmatique du curriculum. Mais d'autres indications ne me convenaient guère. Ne pas louer les bons enfants en face de la classe pour ne pas vexer les autres, ne pas les inviter au tableau noir pour vérifier leur compréhension, entourer leurs notes d'un secret strict.

Le contact avec les classes a été beaucoup plus choquant. J'ai dépassé assez facilement l'absence de la solennité et de la discipline, même si je me sentais gêné de me voir tutoyé alors que j'avais du mal à renoncer à mes " réflexes de vouvoiement ". Je comprenais que c'était une question d'habitude, car même les manuels tutoyaient le lecteur, mais je me sentais mal à l'aise dans cette atmosphère qui détruisait le mélange de sympathie et de respect avec lequel j'étais habitué et qui remplaçait l'intimité des esprits par une intimité que je trouvais vulgaire.

Le nouveau rituel me convenait peu. Les élèves n'avaient pas l'habitude d'être questionnés pendant la leçon, ils refusaient généralement de venir au tableau noir pour aborder des problèmes, répondaient rarement aux invitations de participer au dialogue et cela limitait la rétroaction à des épreuves écrites périodiques. Il était donc difficile de les faire découvrir " à deux " les solutions des mystères, ou de les faire assister aux démarches intéressantes d'un collègue. Les notes des épreuves écrites étant secrètes, je n'avais pas le moindre moyen de stimulation ou à d'émulation collective. A cause de la " discrétion " et pour ne pas " stresser " les élèves , je devais " gérer " trente aventures d'apprentissage isolées, réunies seulement aux moments de mes présentations- monologues.

L'absence de vérification formative continue était compensée par un grand nombre d'épreuves écrites. C'était les seules occasions de connaître la pensée de mes partenaires et de calibrer mon discours. J'ai donc prié les élèves de me décrire leurs raisonnements de la manière la plus détaillée possible. Ainsi, je pouvais

saisir les causes des erreurs, les connaissances manquantes, les mauvaises habitudes de pensée. Mais ils ne parvenaient pas à répondre à ma demande, car ils n'étaient pas du tout habitués à expliquer leurs résultats. Pour eux, ainsi qu'on leur avait inculqué, une réponse était un nombre, une case cochée dans un questionnaire à choix multiple, ou tout au plus quelques calculs esquissés pour ne pas utiliser un brouillon séparé. J'analysais et j'annotais avec difficulté ces messages mal structurés. Cela me prenait beaucoup de temps et mes nuits s'étaient rétrécies sensiblement. J'ai demandé à mes collègues comment ils se débrouillaient et ils m'ont montré leurs questionnaires et leurs grilles de correction en plastique qui leur permettaient d'établir une note en trente secondes, alors que pour moi cela prenait au moins trente minutes! A mes remarques critiques concernant ce genre de " tests " qui ne permettaient pas l'observation de la pensée des élèves et contredisaient tout principe d' " éducation mathématique ", ils ont souri et m'ont prédit que je me calmerais .

Je me suis obstiné à essayer de stimuler le dialogue par l'annotation des épreuves, de révéler l'esprit des mathématiques tel que je le concevais et de réveiller le goût pour le raisonnement rigoureux et la recherche créatrice. Après l'affreuse expérience politique, je récidivais en voulant nager à contre courant et en n'estimant pas correctement le contexte de mon action. C'était manifestement trop tard. Les mathématiques étaient une science faite de calculs, de formules à appliquer en pianotant sur les calculatrices. Les opérations abstraites provoquaient de grandes difficultés, l'exigence de la rigueur semblait exotique, les situations nouvelles bloquaient, les incursions culturelles n'intéressaient pas. Les élèves ont été d'avantage intrigués, irrités ou fatigués que fascinés. Ils m'ont demandé pourquoi je maculais leurs travaux avec des annotations qu'ils ne lisaient pas. Ils m'ont demandé pourquoi j'insistais à prouver une chose qui semblait évidente. Ils m'ont demandé pourquoi refaire des raisonnements déjà appliqués en pratique. Ils m'ont demandé pourquoi je m'agitais autant alors que je touchais le salaire et de plus, les sujets ne les intéressaient pas. Ma prestation était exotique et même contradictoire par rapport à l'esprit des manuels, du programme, des examens de fins d'études, des approches habituelles, des valeurs de la société.

J'aurais dû le comprendre en observant que la qualité scandaleuse des manuels ne dérangeait personne. J'aurais dû le comprendre pendant mon examen à la " Commission Scolaire des Écoles Catholiques ", lorsque la commission, choquée par mes critiques, est arrivée à la conclusion que j'avais des difficultés à m'adapter aux mathématiques locales. J'aurais dû le comprendre pendant les discussions avec les parents qui m'ont demandé de laisser leurs enfants en paix. J'aurais dû le comprendre en face des messages de la direction de l'école qui surveillait la gestion de l'activité et l'apparence des résultats et ne parlait jamais du gain intellectuel réel des étudiants. J'aurais dû le comprendre en face des réactions de mes élèves et de mes

collègues, mais je l'ai compris seulement à la fin de l'année, à l'occasion des examens de fin d'études secondaires.

J'avais préparé mes élèves pour cet examen, sur la base des sujets posés les années précédentes. On m'avait montré ces tests, mais on avait oublié de me prévenir sur la manière de corriger. J'ai entraîné les élèves dans l'esprit que je trouvais normal: développer un raisonnement rigoureux et l'expliquer dans la thèse. Je leur ai dit de faire ça pour qu'une faute de calcul ne leur annule pas le reste du travail. Je leur ai montré qu'un raisonnement explicite permet au correcteur de récompenser les bonnes parties de la solution et de réduire seulement la partie de la note qui correspondait aux erreurs. Cette motivation s'est avérée le seul moyen de les déterminer à raisonner explicitement.

Mais l'examen de la commission scolaire était accompagné d'une grille de correction. Pour chaque problème, on pouvait offrir soit 4 points, si la réponse numérique était absolument exacte, soit 0 points si elle ne l'était pas, quelle que soit la nature de l'erreur, l'absence de tout raisonnement ou l'oubli d'un arrondissement. Je n'ai pas pu respecter cette grille, car j'aurais trahi mes élèves, mes convictions et mes mathématiques. J'ai corrigé attentivement les travaux de mes élèves en bonifiant ce qu'ils avaient fait de bien, tel que je leur avais promis. J'ai été convoqué et on m'a demandé fermement d'appliquer la grille. Face à mes arguments la réaction a été déconcertante. J'avais peut-être raison, mais l'ordinateur qui analysait les grilles à la Commission Scolaire ne fonctionnait qu'avec 0 ou 4 points... Je suis resté sur ma position. La commission ne m'a plus proposé de contrats et je n'ai plus essayé d'en obtenir. Ma carrière d'enseignant aura été courte et... douloureuse.

## **La conclusion**

J'ai saisi le ridicule de ma position plus tard, lorsque j'ai commencé à comprendre les valeurs et les mœurs de mon nouveau monde que l'école ne faisait que refléter. J'aurais probablement pu accélérer mon apprentissage (adaptation) si je n'avais pas abordé cette expérience avec l'espoir de soigner les blessures de Roumanie. L'Amérique moderne ne semblait pas valoriser les options intellectuelles que j'avais chéries en secret et qui m'avaient aidé à résister. Le pragmatisme généralisé et consenti, qui remplaçait la soumission forcée, avait des conséquences omniprésentes. Un seul principe était confirmé: l'influence du contexte social sur tous les phénomènes qu'il héberge. Tout discours, toute construction valable dans un monde devait être traduite pour pouvoir opérer dans l'autre. J'étais devenu un professeur inefficace! Je n'intéressais plus mes élèves... Je n'intéressais également presque personne avec mes histoires sur le crime communiste

et le sens des événements en Europe de l'Est. Les gens avaient d'autres problèmes, d'autres besoins, d'autres curiosités.

Même la longue et minutieuse campagne que j'ai menée sur Internet pour expliquer les mécanismes de dégénérescence qui empêchaient la Roumanie de se libérer de son passé, n'a pas eu d'effets. Je m'adressais pourtant à l'émigration roumaine, qui aurait dû être à la fois intéressée et capable de comprendre. Les anciens émigrés n'étaient plus des Roumains contemporains mais des Roumains figés dans un autre moment de l'histoire, ou simplement des immigrants d'origine roumaine. Les nouveaux émigrés étaient dans un des deux camps qui jouaient la partie en Roumanie et comprenaient de mon message ce qu'ils voulaient comprendre. Ou bien ils l'évitaient pour oublier plus vite et guérir. Sans une consonance affective ou axiologique, le discours (l'explication) politique ne peut pas être partagé et parfois ni même être compris. Si les Roumains ne se comprennent pas entre eux à cause d'intérêts contradictoires, les politiciens étrangers les comprendront encore moins. Je n'aurais pas dû m'attendre à ce que la Maison Blanche réponde à la longue analyse-réquisitoire que je lui ai envoyée en signe de protestation pour la réception du président néocommuniste roumain.

Mes explications n'ont servi à rien. Les années de l'activisme ont été des années gaspillées... La leçon la plus dure à supporter (que la société d'exil me donnait tacitement) était que les raisons pour lesquelles nous avons essayé de résister au totalitarisme ne valaient pas grand-chose. Blessé, je suis revenu à la science, dans l'espoir que toutes ces déceptions m'avaient préparé pour une attaque plus profonde du problème de l'explication. C'est ainsi que débuta mon doctorat...

## **Partie B : Témoignage d'un expérimentateur**

## Chapitre B1: Introduction à la problématique

### Un expérimentateur qui veut expliquer ses démarches

Ma brève expérience d'enseignement à Montréal m'a déterminé à passer de la pratique de l'explication à son analyse. Le moment était venu de finaliser ma longue recherche et de la synchroniser avec les études théoriques et les développements expérimentaux existants. Trouver un cadre pour une recherche interdisciplinaire n'était pas chose facile. J'ai examiné sans succès la possibilité de projets de doctorat en mathématiques ou en télécommunications sur le processus de l'explication dans ces disciplines. Finalement, le contexte d'étude le plus adéquat m'a été offert par la Faculté des sciences de l'éducation dans son option de la Technologie éducationnelle parce qu'elle devait étudier la structure et le fonctionnement (la physiologie) de l'acte explicatif pour concevoir l'ingénierie de son influence.

Durant les six années d'études doctorales, mes différentes positions d'observateur de l'explication ont interféré. Je fus étudiant, et témoin des études universitaires de mon épouse et de la scolarité primaire de mon fils; je fus lecteur de divers matériaux explicatifs et particulièrement d'explications sur l'explication, utilisateur d'instruments explicatifs et concepteur de logiciels pédagogiques et d'instruments "d'authoring", auteur d'explications, de descriptions et de modélisations de l'explication; je fus guide éducationnel formant une paire avec mon fils. Les fils d'observation se sont entremêlés, complétés et influencés. J'aurais voulu refléter ce riche univers de relations pour extraire leur signification globale. Des contraintes d'espace m'obligent à décrire mon histoire selon seulement deux points de vue, sélectionnés et séparés pour permettre deux rhétoriques complémentaires, la recherche pratique de laboratoire (traité dans cette partie B) et l'effort de modélisation théorique (la partie C).

Comme chercheur engagé dans la conception de systèmes informatiques d'assistance à l'explication, j'ai réuni une fois de plus plusieurs rôles ou hypostases. Des moments d'analyse d'instruments faits par d'autres ont alterné avec des moments de développement. Les remarques synthétisées dans cette partie proviennent d'une synthèse de ces différentes positions.

Mon activité de laboratoire a eu deux grands objectifs en étroite relation. Le premier était de comprendre suffisamment le phénomène de l'explication instrumentée pour pouvoir le décrire et, si possible, le modéliser. J'insisterai sur cette dimension dans la partie C. Le deuxième objectif consistait à offrir des spécifications utiles aux ingénieurs concepteurs de systèmes d'explication, en révélant des comportements, des conditions, des critères et des principes de fonctionnement ainsi que des suggestions de design.

Ces deux objectifs sont inséparables, car la modélisation de la physiologie est un instrument pour l'ingénierie et le développement des instruments est une partie du processus global de l'explication. Néanmoins, ils supposent aussi des tendances spécifiques; en effet, une description qui cherche l'essence sur le plan intellectuel peut ne pas être optimale en pratique et, réciproquement, une modélisation de compromis, utile pour une implantation, peut refléter superficiellement la nature essentielle du phénomène. L'idéal serait un modèle réussi sur les deux dimensions mais dans le cas de phénomènes très complexes, la convergence entre le caractère essentiel du contenu et la facilité de manipulation est problématique. Je traiterai, dans la partie C, de la recherche d'un modèle théorique, influencée par la recherche pratique. Ici je me concentrerai sur l'autre portion du cercle, c'est-à-dire sur mes démarches vers des spécifications utiles à l'industrie du logiciel explicatif, influencées par la méditation théorique qui les a accompagnées continuellement.

Je ne voulais pas pousser le développement de systèmes de formation complexes jusqu'au produit fini. Dans mes expériences de laboratoire, j'ai visé plutôt l'émergence des spécifications fonctionnelles qui pourraient orienter les fabricants. Afin de parvenir à des suggestions, je devais mieux comprendre leur position; c'est pourquoi j'ai fait d'importants efforts de développement (authoring et programmation) jusqu'au moment où je pouvais formuler des recommandations adaptées aux besoins des utilisateurs et en même temps aux compétences des concepteurs.

Par ailleurs, je désirais observer la structure et le fonctionnement (la physiologie) de l'explication instrumentée comme phénomène en soi. Pour moi, le système de l'explication qui utilise un instrument devait s'étendre naturellement au système de la production de cet instrument. Quand un auteur conçoit un didacticiel, il influence le cours de la leçon par l'explication potentielle qu'il imprègne dans l'instrument. Le fabricant d'instruments participe aussi à l'économie de l'explication en fixant à l'auteur et aux utilisateurs un espace de manœuvre. La préparation est une première étape de l'explication, un premier chaînon dans sa chaîne évolutive. *On ne peut pas comprendre le processus de l'explication effective sans le lier à la germination de l'explication potentielle.* On doit observer à la fois le déroulement de l'explication avec un instrument, la formulation de la demande pour sa fabrication, la conception de l'instrument et son intégration dans le système.

### **Vision initiale sur la problématique**

Les objectifs ponctuels que j'ai suivis pendant les six années d'expérimentations diverses se sont étendus à de grands espaces structuraux et se caractérisent par une évolution complexe. Je les ai redéfinis à plusieurs

reprises, sous l'influence d'observations faites en laboratoire ou pendant le processus de modélisation. La formulation des questions et des réponses a alterné. La synthèse a posteriori contenue dans cette partie ne reflète pas tous les détails du parcours de la recherche, mais tente d'en exprimer l'essentiel. Pour offrir au lecteur une perspective historique sur mes démarches, mon incursion commence avec un fragment d'une analyse élaborée en 1994 - après un effort de méditation sur mon expérience et une période intensive de lecture - sur "l'utilisation et la conception du software pédagogique et la fabrication des instruments d'authoring".

"Des obstacles qui empêchent le design précis et des pistes de recherche

La complexité des systèmes. Les directions de recherche: 1 L'espace vaste du problème du design des environnements d'assistance; la mise en relief des effets de la super-complexité. 2. La recherche d'une modularité; établir des sous-structures analysables séparément, les influences entre ces modules et les limites de la "séparabilité". 3. Les principes de réglage du raffinement du modèle selon les disponibilités et le rapport performance-prix.

La contradiction entre l'unité du système et la multidimensionalité de la problématique. 1. L'intégration des expertises nécessaires dans une méthodologie unitaire de développement en incluant les critères globaux d'optimisation. 2. La définition du profil de l'expert pluridisciplinaire spécialisé en intégration. 3. Une théorie du processus explicatif instrumenté (la problématique et les modèles).

La non-mesurabilité, l'ambiguïté et la relativité: 1. Un nouveau paradigme de quasi-mesurabilité (vague, relative, probabiliste) ou la démonstration d'un résultat rigoureux de non-mesurabilité pour le système d'instruction. 2. L'évaluation possible des qualités d'une explication effective et d'une explication potentielle. 3. L'estimation initiale de l'effort de design nécessaire pour éviter que l'ingénierie ne coûte plus que ce qu'elle peut apporter.

Les influences des éléments extérieurs. 1. L'étude des influences externes (motivation etc.) de manière à les prendre en compte explicitement dans le design, de réagir quand ils se manifestent ou pour le moins, de saisir l'effet de leur présence. 2. La psychologie de "l'explicateur" (le cas de l'apprenant étant abondamment analysé) et les leviers ou les motivations pour une meilleure explication. 3. La capitalisation du savoir et de son effet sur la formation.

La contradiction entre la liberté de l'utilisateur et la cohérence du message: 1. Les principes et les modules d'arbitrage flexible de l'initiative entre les partenaires. 2. Le développement des outils d'exploration libre des discours existants. 3 Les manières de préserver l'intention de l'auteur pendant l'utilisation des environnements de découverte. 4. Les bases d'explications (gérées dans leur unité discursive) comme un paradigme alternatif aux bases de connaissances.

La productivité réduite des opérations explicatives: 1. L'évaluation de la "reproductibilité" dans l'ingénierie des instruments éducatifs. 2. Le profil des sujets qui se prêtent à une certaine reproductibilité de traitement explicatif. 3. Le partage des ressources pédagogiques (didactique distribuée) comme levier de rentabilité globale. 4. Un design du didacticiel indépendamment de l'instrument informatique, suivi d'une transposition automatique sous forme de programme.

Des promesses et des pistes de recherche



L'économie de mémoire. Les instruments chargés d'informations permettent l'économie de mémoire humaine. L'avantage de la mémorisation à long terme est plus important dans le cas d'un état stable mais le dynamisme excessif du curriculum l'annulera. Pour la "mémorisation temporaire" nécessaire pendant l'apprentissage, l'ordinateur peut être très efficace.

Les économies d'énergie. Chaque étape de lecture, qui remplace le dialogue direct avec "l'explicateur", permet l'économie de temps. Cet avantage est significatif quand l'expert est un spécialiste rare ou inaccessible. Lorsque nous utilisons les télécommunications et les ordinateurs comme interfaces, nous pouvons parvenir à une solution d'assistance mixte synchrone-asynchrone. Un guide humain peut avoir une contribution plus efficace en évitant la perte de temps pour surveiller des opérations de routine et en intervenant seulement aux moments où sa présence devient nécessaire

La reproduction de la qualité. Il y a chez des formateurs humains un grand écart dans la qualité de la compétence. Le même formateur peut offrir des prestations qui varient selon les contextes. Trouver le bon partenaire... c'est une chance pour chaque élève...! La distribution d'un message de qualité a l'avantage de pouvoir multiplier un bon tuteur...

La télé-instruction et le partage des ressources. Une fois incorporées sous forme informatique, les "leçons" peuvent bénéficier des facilités créées par les télécommunications (transmission, transformations, etc.). La mise en commun des ressources explicatives peut accroître l'efficacité du système global. Une superstructure didactique créée autour de l'autoroute électronique devrait enfin permettre à la formation informatisée de tenir ses promesses.

La nouvelle gestion des connaissances et des explications. Un bon environnement d'assistance offre à son utilisateur des facilités supplémentaires par rapport à une leçon classique (en termes de recherche, d'orientation, d'exploration etc.). Il n'est pas une imitation du formateur humain. Une telle imitation est problématique et nous devons exploiter toute possibilité qui compense ce qu'on perd par cette substitution. Il s'agit d'une nouvelle didactique.

L'appui multimodal de la perception et de la compréhension. La technologie multimédia permet l'utilisation de la forme de présentation la plus appropriée pour une certaine information. Il est possible d'utiliser les atouts de la visualisation ou de la combinaison des stimuli. Il est aussi possible de répondre de manière adéquate à une particularité cognitive, offrant ce que certains auteurs appellent "une prothèse" extérieure, adaptée pour servir d'appui aux mécanismes intérieurs (schémas représentant des structures complexes, cartes d'orientation, etc.)

La simulation. L'ordinateur offre de fortes possibilités de simulation. Il permet la création d'un univers isomorphe à celui dans lequel l'utilisateur devient performant, un environnement accessible aux manipulations et dans le même temps enrichi d'assistance didactique; l'utilisateur peut combiner les effets de la perception, de l'action, du raisonnement et de la documentation.

L'apprentissage individualisé et la métamorphose. Chaque utilisateur souhaite disposer d'un partenaire apte à s'adapter à ses particularités cognitives, à ses besoins informationnels et à son programme de travail. Les techniques de l'intelligence artificielle explorent ce potentiel. Un environnement "hybride" et flexible pourrait s'adapter à plusieurs changements (hypostases) de l'utilisateur dans son rapport avec un curriculum: la documentation, l'apprentissage, l'entraînement, etc.... Cette versatilité répondrait adéquatement aux besoins des entreprises engagées dans la promotion d'une technologie de la performance."

## Problématique actuelle et mise en garde

Bien entendu, je n'ai pas pu suivre ce "plan de recherche" à la lettre. Je me suis pourtant lancé pendant plusieurs années dans l'exploration minutieuse de ce labyrinthe pour en sonder l'abîme... A quoi mon effort aura-t-il servi ? Au-delà de la confirmation expérimentale de la complexité de la tâche et au-delà des arguments fournis pour la réfutation d'une ingénierie exacte de la formation, fondée sur autre chose que l'intuition créatrice soutenue par l'expérience, restent des observations faites au long de mon voyage, que j'espère utiles pour les praticiens, autour de quelques thèmes :

- la modalité d'expression (voir surtout les chapitres B2, B3)
- la composition du discours sériel, parallèle et sur plusieurs pistes (B2, B3, B6)
- la relation entre le dialogue synchrone et asynchrone (B5, B6)
- la décision, la négociation et la coopération (B2, B4, B5, B6)
- la variation des postures d'utilisation et la métamorphose (B2, B6)
- la réaction, l'adaptation et l'intelligence (B4, B5)
- l'action et la simulation (B2, B4, B5, B6)
- la gestion des informations et son assistance (B6)
- le mélange entre l'instruction, la documentation, la coopération et l'expérience pratique (B6)
- les techniques et les instruments d'authoring efficaces (B2, B3, B4, B5, B6)
- le rapport entre la fabrication, la composition et l'utilisation (B3, B4, B6)
- l'évaluation et la réduction des coûts (B2, B4, B6)

J'ai résumé mes conclusions dans un modèle d'instrument explicatif virtuel utilisable pour la communication expert- novice, présenté à la fin de cette partie B, au chapitre B7. La production effective de cet instrument, à partir des spécifications de fonctionnement dépassant les obstacles techniques actuels, serait une manifestation de l'ingénierie de synthèse vers laquelle la technologie de la formation aimerait se diriger.

J'ai pu vivre, comprendre et décrire une ample expérience d'auteur- utilisateur et de fabricant d'instruments "d'authoring". La forme que j'ai choisie pour la décrire essaie de ne pas escamoter la perplexité dans laquelle m'a entraîné la recherche, mais plutôt de la refléter. Il est de mon devoir de prévenir le lecteur des arabesques microscopiques du "récit de développement" contenu dans cette partie. Il pourrait l'éviter en passant à la partie suivante, s'il n'est pas intéressé par le spectacle des raisonnements d'un praticien égaré à la recherche des solutions.

## Chapitre B2: Le projet “ Multimédia métamorphique ”

- la modalité, la composition, l'effort, l'interactivité, la métamorphose -

### Le besoin de multimodalité

J'ai souvent rencontré dans la pratique de l'explication des situations qui réclamaient une variation de la modalité d'expression. J'ai utilisé la forme graphique pour illustrer des sujets à caractère visuel. Elle s'est avérée très efficace dans la représentation de modèles (métaphores). Quand je voulais expliquer l'unité d'un système en montrant la simultanéité et la relation de ses parties, une modalité figurative (diagramme, schéma) était nettement avantageuse par rapport à un texte pur. Parfois il était préférable que je prépare le schéma avant la leçon pour que je la présente d'un seul coup, parfois il était mieux que je le construise progressivement au tableau noir. Le discours verbal est essentiel. Je m'en servais, par exemple, pour expliquer un schéma en tenant compte de la réaction de l'auditoire. J'ai été impressionné par la façon dont le discours sériel illumine pas à pas la signification d'une structure complexe, guidant l'évolution de sa perception à partir de l'impression initiale de chaos jusqu'à l'image finale significative. Le texte, moins propice à l'explication directe, à cause de sa pauvreté tonale et de sa génération assez lente, est irremplaçable si on veut permettre l'exploration libre du message. Sa conception préalable est libérée de la tension de la présentation directe. Pendant la lecture d'un texte, on peut utiliser l'exploration cursive (récupérant la continuité et le rythme implicite du discours) et la navigation désynchronisée (profitant de la liberté de sauter, de revenir, ou d'accélérer ou de ralentir). L'hypertexte enrichit la formule avec la combinaison entre la discursivité sérielle et l'exposition parallèle caractéristique au texte. L'hypermedia continue la tradition de la symbiose entre le texte et l'image, utilisée avec succès dans les livres illustrés, les diapositives commentées ou les films sous-titrés. J'ai souvent ressenti le besoin de représentations dynamiques (animations, films) pour expliquer des processus et des transitions. Je regrettais cependant la difficulté de composition.

Ces remarques préliminaires expliquent mon intérêt pour la multimodalité et pour l'utilisation de l'ordinateur dans la manipulation des messages multimédia destinés à soutenir une présentation directe ou une lecture ultérieure. Est-ce que l'ordinateur est un bon outil pour le contrôle d'une présentation multimédia synchrone (dialogue direct entre les deux partenaires)? Est-il également un bon support pour une communication asynchrone? Comment prépare-t-on un objet multimédia explicatif pour les deux modes de présentation et un objet qui permet le mixage entre l'explication synchrone et asynchrone?

Pour explorer la problématique de l'explication asynchrone, j'ai développé le projet "Le multimédia métamorphique". J'aurais pu utiliser un environnement comme Macromind, Director ou Authorware mais la

combinaison HyperCard-HyperTalk (disponible sur les ordinateurs MacIntosh) m'a permis de mieux comprendre le rapport utilisation-“authoring”-programmation.

### **Le projet et le coût de développement**

Le didacticiel devait expliquer la composition multimédia. Je suis entré dans cette situation réursive pour les motifs exposés dans le chapitre précédent. En construisant un didacticiel multimédia sur la construction des didacticiels multimédia, je me plaçais dans un cercle qui m'obligeait à réviser le contenu du discours en fonction des problèmes rencontrés dans sa rédaction!

Cependant, l'ambition initiale de couvrir dans mon didacticiel la thématique de la composition multimédia s'est heurtée au temps réclamé par l'opération “d'authoring”. J'avais choisi une explication complexe, à situations variées, irréductible au bricolage de quelques blocs reproductibles. J'ai compris pourquoi tant de démonstrations sur des outils et des méthodes “d'authoring” ne sont pas réalisées avec ces mêmes outils, mais avec des moyens plus classiques, tels les diapositives commentées, les films, les bases de petites références, les messages contextuels, le guidage par “wizard”. Ces expédients révélaient un malaise que la littérature sur le multimédia traitait avec assez de parcimonie: le coût élevé de la production (des dépenses matérielles et surtout du temps), l'absence de critères clairs pour le calculer et de moyens efficaces de le réduire.

J'ai posé mes questions sur les coûts lors de toutes les présentations de grands projets auxquelles j'assistais et les réponses oscillaient entre la discrétion et la sincérité décourageante. Il m'apparaissait de plus en plus clair que les sommes servant à obtenir des CDROM instructifs d'une certaine qualité n'étaient pas à la portée de n'importe qui... Les petits budgets conduisaient à des réalisations médiocres, basées sur des modules et des situations répétées ou à des efforts considérables fondés sur un bénévolat enthousiaste, dévalorisé par les fréquents changements technologiques.

Ma première conclusion fut d'affirmer que *pour arriver à une ingénierie de ces projets, on devrait disposer d'une méthodologie d'estimation et d'optimisation des coûts*. Sur le plan des principes de composition, j'ai compris que *le compromis entre la reproductibilité et la qualité est un facteur déterminant*.

La reproduction des explications multimédia est problématique parce que l'explication émane de son sujet et s'imprime avec ses particularités. Une certaine reproduction est possible seulement pour une gamme de sujets à structures similaires. Si cette gamme est large ou stable, si le public intéressé est nombreux, le

développement des instruments explicatifs coûteux pourra se justifier. Dans les cas restants, les solutions faciles, bâties rapidement avec les moyens du bord, ont préférence à juste titre. Ils existent des situations qui justifient les complications. L'observation d'un tableau ou l'audition d'une mélodie peuvent être essentielles si on veut les expliquer. Mais il n'est pas toujours nécessaire de photographier une vache ou de provoquer son mugissement pour parler d'elle... L'homme investit trop dans le langage pour ne pas profiter de la concision qu'il offre. Ainsi, le choix de la modalité et de la complexité des moyens d'explication dépend du spécifique et du contexte du sujet abordé.

Pour réduire le temps nécessaire, j'ai dû me résumer à une seule leçon qui m'a permis d'étudier plusieurs aspects de la structure et du fonctionnement du multimédia. J'ai choisi comme sujet la numérisation d'un film, extrait d'un VCR et enregistré comme fichier dans un ordinateur. Cet exemple combinait divers types de difficultés et demandait la variation de la modalité d'assistance. Ce qui m'a intéressé le plus a été l'équilibre entre le caractère parallèle (la décomposition modulaire) et sériel (le processus discursif) de la leçon. J'ai vu les problèmes de modalité sous cet angle (sérialité du texte versus parallélisme des figures).

### **La composition multimodale**

Le film et la photographie étaient opportuns lorsqu'il fallait montrer la manipulation des appareils. La simulation des actions convenait quand on démontrait des opérations avec les applications de l'ordinateur. La mise en évidence de la chaîne d'opérations supposait une représentation graphique de l'algorithme. La compréhension des mécanismes mis en jeu et de l'évolution du processus de numérisation était facilitée par un schéma métaphorique animé. Les opérations étaient commentées à l'aide des explications textuelles. La piste sonore profitait du parallélisme de la perception audio-vidéo et permettait au commentaire d'accompagner une évolution visible.

J'ai utilisé des boutons avec des icônes expressives et des cartes pour guider la navigation. J'ai recouru aux messages sonores qui pouvaient être lancés et arrêtés à demande pour obtenir des renseignements. J'ai mis en évidence la correspondance entre des éléments qui se trouvaient sur des pistes différentes en les faisant clignoter simultanément. J'ai enrichi les photos d'appareils avec des "senseurs" dont la sélection déclenchait un film illustrant l'effet réel de l'action correspondante. J'ai fait appel aux couleurs pour suggérer l'avancement des opérations et j'ai utilisé une technique graphique de dévoilement progressif de la complexité.

Pour présenter simultanément les informations complémentaires, j'ai utilisé une présentation sur plusieurs pistes: "algorithme", "modèle", "réalité", "explications textuelles", "commentaires sonores", "panneau de négociation". La synchronisation des pistes parallèles a été difficile parce que toute action devait, non seulement produire des réactions spécifiques sur la piste manipulée, mais aussi déclencher les opérations correspondantes sur les autres pistes, pour assurer le passage synchronisé de l'ensemble vers la prochaine étape. C'était le début de mon intérêt pour la stéréo-explication.

Au-delà des réserves concernant les coûts, sur le plan qualitatif, l'hypothèse de la pertinence explicative des diverses modalités et l'intuition du potentiel de l'ordinateur comme gestionnaire de multimodalité se sont confirmées. Ma démonstration a été déclarée intéressante et utile par ceux qui l'ont observée. Je n'ai pas fait une évaluation quantitative des performances explicatives obtenues car ma recherche avait une autre orientation qui consistait à observer le lien entre la physiologie de la composition et celle de l'utilisation.

### **L'exploration entre la liberté et la cohérence**

J'ai décomposé l'opération de numérisation en trente-six étapes successives, présentées dans un ordre unique. L'utilisateur pouvait continuer au moment voulu en appuyant sur un bouton "avance" ou activant un senseur approprié sur une des pistes présentées en parallèle. Il pouvait aussi se déplacer dans un point quelconque de la chaîne démonstrative à l'aide du "graphe des tâches". Malgré mon intérêt pour des concepts provocants comme "interactivité", "exploration libre", "environnements de découverte", "enseignement personnalisé", je suis parvenu finalement à un espace assez restreint de liberté pour des raisons qui méritent d'être analysées.

Si j'avais laissé à l'utilisateur la liberté d'établir le parcours dans mon discours, je n'aurais pas réussi à lui garantir sa cohérence. Pour parvenir à une flexibilité de lecture, j'ai essayé d'accroître l'autonomie des étapes en utilisant dans chaque "module" le moins d'informations extérieures (références croisées) possible. J'ai constaté alors l'appauvrissement de mon explication (quand je n'utilisais plus les informations des autres modules) ou la surcharge redondante (quand je reprenais les informations dans chaque module). Le gain que je réalisais en prévoyant plusieurs trajectoires était minime face aux complications engendrées par la composition. Seulement dans l'hypothèse que l'utilisateur avait parcouru une ligne de lecture préétablie et qu'il avait perçu et compris les messages déjà présentés, je pouvais proposer la continuation la plus pertinente.

J'ai essayé de prévoir des alternatives de navigation, de construire des dispositifs pour suivre sa trajectoire et d'en déduire des indications pour organiser la suite de l'explication. Je me suis heurté à une explosion combinatoire! M'acheminant vers le "système tutoriel intelligent", guidé par les modèles de l'intelligence artificielle, j'ai cherché un automatisme pour l'adaptation dynamique des messages, mais je n'ai pas trouvé la "généricité".

Cela confirmait mon expérience de générateur et de récepteur de discours explicatifs, plutôt que de valider les modèles théoriques des "systèmes experts" proposés pour la formation. *Une explication parcourue dans l'ordre proposé par l'auteur permet l'utilisation complète de la rhétorique qu'il a investie dans son discours. Dans un discours unitaire, c'est-à-dire cohérent, chaque nouvel élément s'appuie sur (ou exploite) la vague des considérations précédentes. La "modularisation" du message est opportune seulement lorsqu'elle correspond à une collection de sujets ou reflète la décomposition naturelle d'une structure parallèle qui doit être décrite. Si on veut décomposer une explication unifiée pour permettre une flexibilité de lecture, il faut considérer que la portée de la fusion discursive sera réduite à l'intérieur de chaque module. On peut récupérer partiellement le potentiel explicatif sériel si on suggère (ou on impose) un ordre déterminé à la lecture des modules, mais on ne pourra plus atteindre la "discursivité" d'une conception globale progressive si on a conçu ces modules pour être autonomes. Autrement dit, il faut avoir une bonne justification pour accepter la diminution de l'énergie explicative au nom de la liberté de lecture ou de sa "réutilisation". Les informaticiens ne peuvent pas calquer la technique "object-oriented" pour industrialiser les explications, car les "explicateurs" humains ne cherchent pas la reproduction, mais la meilleure qualité pour chaque explication qu'ils génèrent. Ils y parviennent en adaptant leur message au sujet et au public, de manière continue, ouverte et artisanale.*

J'ai observé en conséquence que la *dialectique liberté-cohérence, différemment traitée en théorie et en pratique, est essentielle pour les applications multimédia*. J'ai mieux compris l'importance de ce problème en analysant quelques "environnements de découverte" qui avaient opté pour la liberté de navigation au nom de l'interactivité et du principe constructiviste, à savoir que l'utilisateur doit choisir seul sa voie d'explication. La stimulation à la participation et à la découverte donnait à ces outils une utilité indiscutable, surtout quand il s'agissait de présenter des collections de faits, de stimuler l'action, d'aider la formation d'une heuristique et d'entraîner la capacité de synthétiser un sens global à partir d'éléments disparates.

Mais, pour les sujets complexes et organiquement unitaires, la "décomposition" dans de tels environnements était problématique, car la fusion du sens global était difficile en l'absence d'un bon guidage pour récupérer la cohérence. On pouvait analyser, se promener, jouer ou s'égarer dans les collections structurées de

molécules explicatives, mais si la synthèse n'était pas assistée explicitement, l'ensemble ne devenait plus une explication multicellulaire. J'extrais à cet égard un fragment d'un rapport que j'ai rédigé en 1994, pour évoquer aussi l'apparition de mon intérêt pour le mixage entre les explications préparées et le guidage humain:

" Le sujet est "atomisé" dans des petits fragments, ce qui facilite l'analyse. Par contre, l'opération de synthèse est complètement laissée à la charge de l'élève [...] Il faut lui donner la possibilité de percevoir le cheminement comme une décomposition du sujet, de saisir la signification et le rôle de chaque élément. Ainsi la synthèse s'opérera en même temps que l'analyse et en collaboration avec elle. Pour satisfaire cette exigence élémentaire (retrouvée dans toute approche d'un bon professeur) on pourrait mettre à la disposition de l'élève des outils qui lui permettent de suivre parallèlement un détail et sa position dans l'ensemble. [...] Ainsi, il serait peut-être plus opportun *de l'aider à construire* une vision, en parcourant les éléments dans un ordre approprié. [...] Le professeur pourrait recommander des excursions au début de son cours, pour stimuler l'intérêt pour le sujet et ouvrir un large éventail de questions, que les enfants seront poussés à se poser. Pendant le cours, il peut utiliser le potentiel des formes de présentation offertes par l'environnement pour faire des démonstrations. Il pourrait être le guide dont la base d'explorations a besoin pour une utilisation cohérente et efficace. Après les leçons en classe, l'élève pourrait utiliser la base pour élargir ses connaissances, satisfaire ses curiosités, voir les mêmes choses de plusieurs angles de vue, revenir (à son propre rythme et goût) sur certains aspects qu'il trouve intéressants ou qui lui opposent plus de résistance, s'entraîner à la mémorisation, s'évaluer et organiser ses propres observations. Après la fin du cours, l'élève pourrait utiliser l'instrument comme matériel de référence."

À l'opposé d'une lecture indéterminée, un parcours trop rigide soulèverait la question naturelle: pourquoi me suis-je compliqué la vie avec une leçon sur ordinateur au lieu de recourir à un livre ou à une cassette vidéo? Il y a de bonnes raisons à cela. En ce qui me concerne, l'ordinateur m'a permis d'intégrer plusieurs modalités et de faire des manœuvres complexes de composition et d'utilisation. J'ai pu utiliser des images et des textes dans le même espace explicatif que les sons et les animations, en combinant le potentiel de toutes ces modalités. Ce n'est que la dimension réduite du moniteur et l'ergonomie encore imparfaite des outils de composition qui m'ont poussé parfois à regretter le papier ou le grand écran. Un autre avantage apporté par le format digital était lié aux facilités de reproduction, de modification et de transport de l'explication composée. Mais l'avantage le plus spécifique était l'indice élevé "d'interactivité", que les acteurs humains pouvaient exploiter pendant la lecture et la composition pour obtenir une meilleure synchronisation.

### **L'interactivité et la métamorphose**

L'utilisateur de l'explication multimédia a des possibilités variées de régler la réception du flux discursif pour l'accorder à ses particularités de compréhension. Comme lecteur de textes et observateur d'images, il a les libertés d'explorations spécifiques à ces modalités. Les films et les sons lui donnent la possibilité de se laisser conduire dans le rythme recommandé par l'auteur. En plus, l'ordinateur peut déclencher certaines



actions en réponse aux gestes de l'utilisateur, lorsque l'auteur l'a préparé à saisir et à interpréter ces gestes. Même si le spectre d'intervention est encore très limité (clavier et souris), il constitue un "alphabet gestuel" qui peut soutenir une communication basée sur des *actes*.

Quand les réactions sont pertinentes et ont lieu dans un contexte bien préparé par l'auteur, elles gagnent en significations, elles représentent des réponses ou des questions et permettent une forme primaire de dialogue asynchrone. Ce mécanisme de coopération en deux temps n'est pas l'apanage exclusif de l'ordinateur puisqu'un livre peut poser une question et diriger le lecteur en fonction de sa réponse, peut suggérer un renvoi vers un paragraphe ou une image et peut utiliser un index. Ce qui est caractéristique à l'ordinateur c'est qu'il peut faire le geste de réorientation seul, en fonction de la réaction de l'utilisateur. Cette commodité a une valeur ergonomique et même explicative, si on considère l'explication comme facilitation de la compréhension.

Quand on explique des actions, il est avantageux que l'utilisateur puisse les effectuer ("learning by doing"). Cette possibilité d'action est plus facile à exploiter quand le sujet expliqué est une opération réalisée avec l'ordinateur. Cependant, il ne faut exagérer l'importance de l'action de cliquer ou de déplacer la souris, quand ce n'est pas le geste concret qui compte, mais la décision de le faire à un certain moment et de le diriger vers un certain élément de l'interface graphique. Expliquer les raisons de l'action peut être plus important que d'offrir la possibilité du geste effectif. Il peut être suffisant d'indiquer le geste de façon textuelle ou graphique, comme le font bien des démonstrations en informatique. La possibilité de l'action devient plus importante quand les gestes sont complexes ou demandent des décisions et des réactions rapides ou continues. L'action devient le but de l'apprentissage. Les jeux et les simulateurs contiennent de telles situations.

Dans ma leçon, les éléments interactifs de la piste "réalité" étaient des "senseurs" transparents ou visibles, placés sur les photographies des appareils et sur les images du moniteur, dans les points où il fallait intervenir pour déclencher le film de l'étape suivante. Celui-ci commençait avec la photo de l'état de départ et avançait jusqu'à l'image qui représentait le nouvel état. Ici, il s'arrêtait pour laisser place à une nouvelle photographie pouvant être explorée. Le tout donnait l'impression d'un film interactif. Intéressante aussi était l'action sur un élément du schéma évolutif des opérations, car elle opérait dans un monde métaphorique qui représentait de manière abstraite et animée le processus de numérisation. Je dois signaler aussi la fonction de navigation par action sur les boutons du menu-algorithme. Cependant, la manifestation d'interactivité la plus complexe était le changement du type de réaction de l'environnement (la "métamorphose"), provoqué avec le bouton "hypostase", réaction que j'expliquerai plus loin.

Le problème central que l'interactivité a soulevé pour moi a été la distribution de l'initiative entre l'auteur et l'élève, par l'intermédiaire de l'ordinateur. J'ai conçu l'utilisation du didacticiel comme un processus conduit par l'utilisateur, opérant dans une structure préparée pendant la composition. Quel était la contribution de l'auteur et de l'utilisateur dans la génération de la vague explicative? Qui déclenche le passage à une nouvelle étape? Qui explique, qui propose et qui décide ce qu'il faut faire? Qui accomplit l'action? Qui observe et commente les effets? Quand les deux partenaires sont ensemble, ils arrivent naturellement à un rituel et à un certain protocole de coopération. Quand ils sont séparés par l'espace et surtout par le temps, la négociation devient plus difficile et l'ordinateur peut devenir très utile.

En tant qu'auteur, je devais préparer les leviers d'action accessibles à l'utilisateur et mandater l'ordinateur de réagir aux actions potentielles de son partenaire. J'ai choisi pour chaque étape de la numérisation et pour chaque piste qui pouvait la piloter *les éléments actionnables* (boutons, senseurs, fenêtres de saisie de texte). Puis, j'ai défini une série de protocoles d'accès à ces éléments. Ils correspondaient à une gamme d'hypostases, classifiées en fonction du niveau de l'initiative de l'élève.

- Sur le mode de fonctionnement (l'hypostase d'utilisation) que j'ai appelé "présentation", l'utilisateur ne devait que déclencher le "film" de la série d'opérations, qui roulait ensuite sans son intervention. Ce mode "cinématographique" offrait une information commode mais superficielle.
- Si quelqu'un voulait utiliser la démonstration pour piloter une opération effective de numérisation menée en parallèle, il avait besoin d'analyser chaque étape et de naviguer librement dans l'arbre de l'opération. Ce deuxième mode, appelé "navigation", était accompagné par un niveau maximal d'assistance. Les explications textuelles étaient complètes, les figures mettaient en évidence les endroits où il fallait actionner, etc.
- Pour l'hypostase de celui qui lisait la leçon pour apprendre la numérisation en l'accomplissant, j'ai prévu le mode "action". Le bouton "avance" disparaissait et l'utilisateur devait agir sur les senseurs opportuns, aidé par les indications visuelles et textuelles.
- Pour l'hypostase de celui qui ne voulait pas qu'on lui indique quoi et comment faire, j'ai prévu le mode "exercice".
- Dans le mode "exploration", l'action sur n'importe quel élément, qu'il soit actif ou inactif, provoquait un message qui expliquait son rôle.
- Enfin, le mode "évaluation" permettait à chaque élément de donner des points (positifs ou négatifs) à celui qui essayait de l'actionner à un certain moment. Ceci menait à une évaluation progressive de la pertinence des gestes et apportait une alternative intéressante aux "tests" classiques.

Le but final de ces efforts a été d'étudier la possibilité d'une "métamorphose" qui permette à l'utilisateur de changer à tout moment, au long de la démonstration, le niveau de la participation de l'ordinateur. Je cherchais ainsi un compromis entre la flexibilité et l'économie de la négociation. L'utilisateur intervenait de temps en temps pour régler le mode, après quoi le protocole de coopération était "propagé" au reste de la démonstration. Tant qu'il ne changeait pas de mode (d'hypostase), il bénéficiait d'un niveau uniforme de réactivité de la part de l'environnement, à partir d'un partenaire passif attendant ses décisions, passant par un guide lui faisant des recommandations, jusqu'à un présentateur qui ne lui sollicitait plus d'intervenir.

Pour permettre l'adaptation des réactions des éléments actifs en fonction du mode de navigation en cours et le changement de ce mode à tout moment, j'ai fait des efforts de programmation importants, car je n'avais pas les moyens "d'authoring" adéquats. Ces lacunes de l'environnement s'ajoutaient à la faiblesse des instruments pour la distribution du discours sur plusieurs pistes synchronisées. En voulant enrichir l'environnement "HyperCard" avec de nouveaux instruments de composition, je suis passé de la position d'auteur à celle de programmeur-fabricant.

## Chapitre B3: Le projet “ Stéréo-explication ”.

- la fabrication des outils d'authoring et la navigation dans un faisceau discursif -

### Le cadre

Mon prochain changement de posture a été facilité par l'invitation à travailler dans le cadre du projet SAFARI qui regroupait un nombre important de chercheurs et d'étudiants. SAFARI visait la fabrication d'un système complet d'instruments de composition d'objets explicatifs “ intelligents ”, utilisable en formation. En raison de mon expertise variée, la direction du projet a considéré que je pouvais aider le groupe par des suggestions sur le comportement que les instruments devaient pouvoir soutenir. L'occasion m'était donnée de comprendre la problématique de la fabrication des instruments de composition et de suivre plus profondément la piste de l'intelligence artificielle en la confrontant avec ma vision sur le processus de l'explication.

On avait construit dans le cadre de SAFARI plusieurs agents “ assistants ” ayant divers comportements. Pour agrandir le potentiel d'adaptation de l'environnement, il fallait d'abord définir la marge des réglages. La variation du mode de coopération était un des paramètres intéressants à modifier. C'est pour cette raison qu'on regardait avec intérêt ma formule d'intégration des modes d'assistance dans un “ tutoriel ” unique qui permettrait à tout moment le changement du mode interactif, pour satisfaire une hypostase d'utilisation variable. Le début de mon activité pour SAFARI a consisté dans l'amélioration du projet précédent, pour mettre d'avantage en évidence la “ métamorphose ”. Puis, j'ai voulu passer de l'expérimentation de “ l'authoring ” à l'expérimentation de la fabrication d'instruments “ d'authoring ”.

### Le projet

J'ai abordé le problème de l'assistance de l'auteur d'un didacticiel dans la gestion du discours sur plusieurs pistes, problème qui me paraissait pressant, vu le nombre élevé de situations qui exigeaient une présentation dans plusieurs fenêtres. Influencé par mes méditations sur l'équilibre entre le parallélisme et la sérialité, j'ai appelé ce projet “ stéréo-explication ”.

Pour dépasser les limites de l'environnement “ d'Hypercard ” dans la gestion des messages sur plusieurs fenêtres ("stacks"), j'ai dû concevoir une bibliothèque de programmes en langage “ HyperTalk ”. Les programmes que j'ai mis au point permettaient: 1. De concevoir et d'utiliser une démonstration en “ HyperCard ” distribuée sur plusieurs fenêtres présentées simultanément. 2. De corréler les “ fenêtres-

pistes ” de sorte que l’avancement dans une d’elles amène les autres dans les états correspondants (la synchronisation du faisceau discursif). 3. De modifier à tout moment la répartition des fenêtres sur l’écran, en changeant la position et la dimension de chaque fenêtre sans affecter sa fonctionnalité. 4 De “ propager ” la situation des fenêtres tout au long de la démonstration (jusqu’à une réorganisation explicite de la formule de distribution des fenêtres). 5. De permettre à l’auteur et à l’utilisateur de partager le droit de modifier la géographie de l’écran et de négocier cette modification selon un protocole et avec l’aide d’une interface spéciale. 6. De permettre à l’auteur d’aider l’utilisateur à diriger son attention sur la réception optimale du “ stéréo-discours ” en indiquant les pistes actives et les références croisées.

Après avoir mis au point une première version de mon instrument, j’ai préparé une démonstration ayant comme sujet la problématique de la “ stéréo-présentation ” (mon obsession de la récursivité). Cette démonstration illustre les situations typiques qui exigent l’organisation du discours sur plusieurs pistes (angles différents sur un sujet unique, des parties complémentaires d’un sujet complexe, des manières différentes d’expliquer, des niveaux différents de détail, des auteurs ou des versions différentes etc.). J’ai montré aussi quelques “ spécialisations ” possibles de piste “ d’action ”- pour effectuer l’opération démontrée, de “ modèle ” pour représenter métaphoriquement des structures ou des processus, de “ théorie ” pour expliquer les concepts impliqués dans chaque étape, de “ plan ” pour saisir la position de l’étape dans l’ensemble des opérations, de “ commentaires ” pour toutes sortes d’informations supplémentaires, “ d’indications ” pour les conseils du guide, de “ dialogue ”, de “ négociation ”, etc.

Par la suite, la démonstration expliquait explicitement et exemplifiait directement (étant elle-même conçue sur plusieurs pistes) les problèmes de la perception d’un tel discours dus aux limites de l’attention distributive. J’ai démontré aussi les difficultés de composition dues à la distribution complexe de la sémantique et aux incertitudes sur la trajectoire réelle de la perception. J’en ai déduit *la nécessité d’une modélisation perceptive de l’explication.*

J’ai donné quelques exemples de situations où l’utilisateur, ou l’ordinateur mandaté par l’auteur, avait besoin de modifier la distribution des fenêtres. J’en suis venu à la conclusion de l’opportunité d’instruments spécialisés pour faciliter ce genre de manœuvres.

Ma démonstration se terminait avec une “ méta-présentation ” du projet antérieur, accessible dans une fenêtre “ application ” entourée par d’autres fenêtres dédiée au “ méta-commentaires ”. La suggestion de cet exercice était que *la stéréo- présentation est une solution naturelle quand on veut démontrer l’utilisation d’une application informatique par des commentaires attachés à une exploration directe.*

## Les observations sur la composition du discours pluri-pistes

Sur le plan du rapport fabrication-composition-utilisation, l'expérience a été d'une expressivité frustrante. Après avoir conçu ma démonstration sur un ordinateur avec moniteur de 21'', j'ai passé dans un autre laboratoire sur un ordinateur avec un moniteur de 17''. Les neuf fenêtres de ma présentation sont sorties de l'écran! Pour retrouver ma composition, j'ai dû refaire toutes les pages sur toutes les pistes. Même si j'ai pu (heureusement) utiliser mes propres "sous-routines" de modification des fenêtres, l'opération a consommé inutilement mon temps. Ce n'est qu'un exemple qui montre l'importance des restrictions techniques dans l'industrie des instruments explicatifs.

Sur le plan des principes, la difficulté majeure que j'ai rencontrée a été l'adaptation du contenu du discours à la variation dynamique de la structure des pistes. Je retrouvais mon vieux problème de la dialectique liberté-cohérence. Je pouvais laisser à l'utilisateur la liberté de fermer certaines pistes mais à ce moment je ne pouvais plus garantir la complétude et l'efficacité de la démonstration. Je devais suppléer à la disparition de pistes en récupérant leur sémantique sur les pistes ouvertes ou en signalant à l'utilisateur les informations perdues. L'acte de composition s'enfonçait ainsi dans l'explosion combinatoire et compliquait beaucoup le mécanisme de négociation de l'ouverture et de la fermeture des pistes.

Quand les informations de deux fenêtres étaient équivalentes sur le plan sémantique et étaient différentes seulement par la forme des messages, je pouvais les substituer sans risquer de rompre la cohérence. Je pouvais renoncer pour un temps à une piste si elle était dédiée à une dimension auxiliaire de la démonstration. Celui qui ne voulait pas observer le modèle métaphorique des opérations pouvait se contenter par exemple de la piste de l'application ou de la réalité simulée, appuyée par la piste des commentaires. Un autre cas d'organisation versatile était le chargement des pistes avec le même sujet traité à des niveaux différents de profondeur, par exemple la piste 1 pour les idées principales, la piste 2 pour les explications complètes, la piste 3 pour les détails fins. Pour une telle structure discursive "multi-strates", la signification de la fermeture d'une piste était claire, de même que dans d'autres cas, comme la présentation de deux versions, de deux points de vue, etc. *L'utilisateur peut changer la distribution des pistes (fils) du faisceau discursif s'ils ont des rôles clairs, stables, autonomes ou redondants.*

Les références croisées entre ces pistes (fils) posaient un problème plus délicat. Ne pas en recourir pour sauvegarder l'autonomie de chaque fil et ainsi permettre des formules variées d'entrelacement dynamique, c'était ne pas profiter de leur présence simultanée; utiliser la "co-présence" c'était risquer l'incohérence si

une piste était fermée! Un geste explicatif inter-pistes suppose l'observation des deux fils entre lesquels il signale un rapport. Il fallait donc prévoir les situations pour lesquelles un certain tronçon du faisceau discursif demandait la présence de certaines pistes pour garantir la recombinaison du sens distribué par l'auteur entre les pistes. D'autre part, il fallait préparer les situations qui permettaient l'absence de certains fils, sans compromettre la compréhension. Il fallait découvrir surtout comment simplifier la gestion d'un tel discours complexe, soit par l'utilisateur autonome, soit par un présentateur.

Même dans l'hypothèse que toutes les pistes étaient à leur place, une autre question se posait. Il s'agissait de savoir comment s'assurer que les pistes étaient observées dans le bon ordre ( simultanément ou dans une séquence qui assurerait une certaine fusion psychologique). La lecture recommandée ou réelle établissait entre les pistes des *rappports de perception* différents des *rappports sémantiques*. Voilà quelques rapports possibles de perception: 1. A et B sont perçus simultanément. Exemples: le détail sur le fond; le son et l'image des films sonores ou des diapositives commentées; le message sonore et les gestes d'un présentateur; les signaux sonores marquant les actions importantes. 2. B est perçu après A, mais encore sous l'influence de celui-ci Exemples: l'explication sonore suivie d'une démonstration visuelle; les paroles qui suivent l'écriture sur le tableau noir. 3. A et B sont accessibles pour passer librement de l'un à l'autre Exemples: le texte et le graphique d'une page illustrée; un texte à plusieurs colonnes; le passage de la vue entre divers personnages d'une image. 4. A et B sont perçus de manière " vibratoire " mais l'attention balaie entre les deux et donne l'impression d'une perception simultanée. Exemple: le film et la bande écrite du titrage.

Comment alors pouvais-je concevoir l'interface pour suivre et aider l'utilisateur dans des processus comme le regard fugitif alternant, la double vision détail- fond, le parallélisme son- image dont la perception est capable et qu'un professeur stimule avec des gestes si simples? Comment pouvais-je éviter les "embouteillages" où pouvaient me conduire des activités cognitives parallèles et comment pouvais-je exploiter l'attention distributive de celui que je ne rencontrais pas face à face?

Ce sont des questions difficiles mais incontournables pour un ingénieur de la communication explicative pour qui l'organisation de l'interface est un problème central. Ce sont aussi des questions provocatrices pour les technologues "cognitivistes". Arriveraient-ils à soutenir une construction déductive rigoureuse des interfaces, basée sur l'étude des mécanismes cognitifs? Après de longs efforts dans cette direction ambitieuse, ma conclusion fut que, pour passer ce test " d'applicabilité ", ils devraient dépasser la "statique cognitive" et se pencher davantage sur les processus.

Quant à la “ stéréo-explication asynchrone ”, j’ai conclu qu’elle imposait une simplicité raisonnable à la structure des pistes et de leur gestion. Le compositeur d’une “symphonie explicative ” qui serait observée sans interprète devrait disposer d’un instrument “ d’authoring ” avec des fonctions d’organisation “ pluri-pistes ” pour l’aider à concevoir un “ stéréo-discours ”. Il devrait aussi pouvoir indiquer à l’utilisateur le parcours de lecture pour lequel il a optimisé l’explication.

Comme méthode de composition, il peut concevoir les pistes complètes, l’une après l’autre. D’abord il prépare le fil de la démonstration principale, l’application manœuvrée, puis le fil de la modélisation, puis le fil des commentaires etc. Ainsi les fils ont une certaine autonomie ou s’appuient l’un sur l’autre dans une pyramide explicative bien déterminée, par exemple le fil 2 complète ou explique le fil 1, etc.. L’auteur définit les nécessités, les dépendances, les libertés de lecture et puis il impose, recommande ou négocie avec le lecteur la physiologie de réception pour laquelle il a conçu son discours symphonique.

Une autre méthode que l’environnement de “stéréo-authoring” doit permettre est la composition “étape après étape”. L’auteur compose chaque “tronçon” du faisceau de manière complète, finissant parallèlement toutes les pistes (fils) que le tronçon courant utilise. Cela lui permet de trouver la formule de distribution optimale pour chaque étape du discours. Les variations de la formule des pistes sont indiquées au lecteur. Des mécanismes fins de négociation peuvent entrer en jeu. Mettre au point des mécanismes automatiques pour saisir et orienter l’attention du lecteur n’est pas du tout facile, même en utilisant la technologie moderne.

### **La synchronisation**

Une “ stéréo-explication ” reste difficile à synchroniser à cause des phénomènes complexes liés à l’exploration sérielle et parallèle des messages explicatifs. La présence simultanée de deux protagonistes (le professeur et l’élève) permet le meilleur réglage de la synchronisation. La “ stéréo-explication ” synchrone (présentation avec l’ordinateur) poursuit la technique des exposés à diapositives qui démontre les possibilités d’interprétation symphonique du présentateur humain. La piste des diapositives déjà préparées est entremêlée avec la piste orale et des gesticulations qui guident la réception. C’est une formule puissante, *car l’effort de composition est bien distribué entre la conception des messages préparés - qui sont difficiles à composer en ligne - et la génération des messages ad hoc - qui sont difficiles à préparer d’avance.*

Le bon présentateur connaît les choix déjà effectués et ceux qu’on peut effectuer à tout moment et a une vision éclairée de leurs implications. Il sait ce que l’autre doit observer pour comprendre et observe s’il l’a fait et s’il le fait bien. D’autre part, l’élève sait ce qu’il a observé et se rend compte de ce qu’il observe, de ce



qu'il a compris, comprend et l'intéresse. Il sent rapidement ses difficultés perceptives et cognitives. Ce sont deux processus complémentaires d'observation. Quand la structure du discours est complexe, laisser au récepteur seul la tâche d'adaptation est aussi inconvenant qu'obliger l'émetteur à imaginer les réactions du récepteur. Le récepteur s'égarera dans un univers de possibilités de continuation mal comprises tandis que l'auteur épuisera son énergie à prévoir des alternatives et les expliquer. Seul un dialogue direct permet aux deux acteurs d'adapter facilement une présentation pluri-pistes partiellement préparée.

Ces observations m'ont donné l'idée d'une "stéréo-explication mixte": asynchrone durant la plus grande partie du temps mais synchronisée de temps en temps par un dialogue direct. J'ai saisi l'intérêt des "systèmes de présentation assistée par ordinateur". J'ai passé ainsi de la fabrication de modules de gestion du discours sur plusieurs pistes à la production d'instruments qui permettent aux acteurs la négociation du travail avec ces pistes.

Ce passage était inévitable car, pour moi, *l'explication n'est pas seulement un rapport entre un homme et un sujet développé par la médiation d'un autre homme. Elle est aussi un rapport entre deux hommes centré sur un sujet.* Le processus explicatif suppose le partage des actions et des informations portant sur les entités expliquées, sur les instruments de communication et sur la négociation. Cette condition bipolaire de l'explication me demandait d'entreprendre une étude attentive du partage de l'initiative entre l'expert présentateur, le novice utilisateur et l'ordinateur intermédiaire.

## Chapitre B 4: Le projet “ Métadémonstrateur ”.

- de la distribution de l’initiative à la répartition de l’intelligence -

### Les objectifs

Le projet SAFARI comportait des instruments “ d’authoring ” classiques, raccordés aux modules qui visaient la réaction intelligente. La démonstration de l’utilisation de ces outils posait exactement le problème récursif que j’ai décrit dans le chapitre B1. Il fallait concevoir une métadémonstration Dd qui montre à un auteur la façon de concevoir des démonstrations Dx avec l’outil D. En revenant donc au problème de la formation des auteurs multimédia, j’ai choisi comme thème pour mon projet “ métadémonstrateur ” la présentation du module SAFARI appelé “ démonstrateur multimédia ” qui permettait à un auteur d’attacher des ressources multimédia aux nœuds (ou points de choix) d’un “ graphe de tâches ”.

Je voulais explorer surtout la négociation de la modalité des messages, de la distribution des pistes du discours et du mode d’interaction, dont l’étape précédente m’avait révélé l’importance. J’avais déjà étudié l’espace de variation de ces éléments, donc je savais ce qu’il fallait négocier. Maintenant je voulais établir “par qui?” et “comment?” il fallait le faire. Je revenais ainsi à ma position d’auteur, pour évaluer la facilité d’utilisation des instruments de composition que j’avais à ma disposition ou que j’avais fabriqués. Je voulais aussi observer la nécessité éventuelle d’autres outils qui pourraient faciliter la coopération auteur-ordinateur-utilisateur.

Comme cadre extérieur de la métadémonstration, j’ai repris la “ carcasse ” du projet “ stéréo-explication ”, que j’avais réalisée en “ HyperCard ” et que j’avais enrichie par des routines “ HyperTalk ” au lieu d’utiliser de manière récursive l’outil démonstrateur conçu par mes collègues en SmallTalk. Si j’ai choisi cette solution, c’est parce que le “ démonstrateur multimedia ” de SAFARI ne permettait pas la physiologie explicative qui m’intéressait. J’avais remarqué que les démonstrations des “ phases ” du projet SAFARI se faisaient de manière synchrone par des présentateurs humains, pour des raisons qui me paraissaient intéressantes à scruter. Je voulais montrer la pertinence de la “ stéréo-explication ”, de la métamorphose et du mixage synchrone-asynchrone pour ce genre de situation et démontrer ainsi le besoin de nouveaux outils de composition.

Je fus le premier convaincu. Le remplacement du “Multimédia Métamorphique ” par le “Démonstrateur Safari ” dans le cadre de ma carcasse “ métadémonstrative ” a demandé des efforts importants. Je n’ai réussi une “ reproductibilité ” que pour des stratégies générales, mais au niveau de la composition du discours; le

travail créatif de chaque partie de la méta-démonstration s'avérait inévitable. Je n'avais pas programmé des structures démonstratives réutilisables, qui maintenant apparaissaient très délicates à réaliser. Les seules composantes que j'ai pu récupérer du projet "Multimédia Métamorphique" étaient les sous-routines qui assuraient la gestion du jeu de fenêtres et le partage des éléments actifs.

J'ai ressenti aussi d'autres limites de l'environnement de démonstration que j'avais préparé. S'il permettait à un présentateur de gérer une démonstration directe, il ne réussissait pas à offrir un bon encadrement à un utilisateur qui travaillait seul. En constatant avec surprise que mon instrument de démonstration asynchrone... se portait mieux dans les mains d'un présentateur, je me suis posé de nouvelles questions et je me suis proposé de nouveaux objectifs. Je devais mettre au point un mécanisme flexible mais ergonomique de partage de la décision entre l'environnement, l'auteur (présent ou absent) et l'utilisateur.

J'ai compris que le couple synchrone " novice-expert " pouvait résoudre avec brio le besoin de variation dynamique du rituel effectif de coopération et opérer une délicate négociation du protocole d'intervention. Quand les deux partenaires coopéraient directement et se synchronisaient simultanément, le changement fréquent de la " formule d'initiative " se faisait aisément. Dans le cas où les deux ne travaillaient pas ensemble, la synchronisation de la décision devenait difficile, même si on utilisait un ordinateur comme intermédiaire. L'auteur devait implanter dans l'instrument qui portait son message un mandat de participation à la négociation durant la lecture, ce qui compliquait sérieusement la composition.

### **La gestion de l'initiative**

J'ai abordé la problématique de la gestion de l'intelligence en percevant l'ordinateur parfois comme partenaire de dialogue, parfois comme outil de synchronisation entre l'expert et le novice. Ma conclusion fut que l'ordinateur ne pouvait pas rivaliser avec un présentateur humain même quand il devait négocier avec l'utilisateur la modalité de présentation, la structure des pistes du discours et le niveau d'assistance! L'idée qu'il aurait pu négocier la sémantique du discours pédagogique en fonction des réactions du novice me paraissait d'autant plus hasardeuse.

La gestion de " l'initiative " apparaissait très complexe même dans le cas d'une action élémentaire, comme faire un geste dans la fenêtre de l'application qui était l'objet de la démonstration (ou dans une fenêtre explicative secondaire ou dans le panneau affecté à la négociation des droits de contrôle). J'ai rempli de notes un cahier entier avec ces variantes de rituels de négociations entre l'expert (Ex) et le novice (No), en visant la simplicité de l'appui sur un seul bouton ! Voici quelques exemples: " Ex prend l'initiative de

l'action et agit sans commentaire, d'une façon que No peut observer "; " No sollicite la continuation quand il sent le besoin et Ex répond en agissant et en commentant "; " Ex sollicite la continuation; No agit, sous l'observation de Ex qui n'intervient que s'il le croit nécessaire "; " Ex sollicite la continuation; No explique ses intentions; Ex valide; No agit "; "Ex indique à No d'agir; No demande comment; Ex donne certaines indications; No propose une mauvaise action; Ex corrige, explique, et démontre la bonne action", etc.

Je voulais établir un " alphabet " de rituels possibles pour une décision élémentaire, afin de définir clairement sur cette base les protocoles de coopération et d'assurer leur propagation cohérente tout au long de la démonstration. Je devais aussi faire la distinction entre les décisions *possibles* en principe, les décisions réellement *accessibles* dans un certain nœud (point de choix) de la démonstration et les décisions *effectives*, prises par la paire active. Puis, il fallait classer les chaînes homogènes de nœuds décisionnels (ayant le même spectre de décisions accessibles) et caractériser les chaînes hybrides - ayant des formules de décision variables -, pour arriver à une modélisation de la structure décisionnelle potentielle. Aussi, pour décrire le chemin effectif de l'utilisateur dans l'univers de la démonstration, je devais classer les chaînes de décisions effectives. Je cherchais donc *une caractérisation de la démonstration préparée, ainsi qu'une caractérisation de son parcours*. Sur cette base, je voulais modéliser le phénomène de la métamorphose vue comme changement de la formule de partage des décisions, et extraire des spécifications pour la construction des modules de gestion de la coopération.

J'ai traité plus en détail le sujet de la coopération explicative dans l'essai C8. Dans ce chapitre, je suis les implications que l'étude sur la distribution de l'initiative a eues sur ma vision de la répartition de l'intelligence. Sans déconsidérer les autres dimensions du comportement " intelligent " (observation et action, mémorisation et récupération des informations, raisonnement, etc.), je percevais la prise des décisions coopératives comme un phénomène clef de la physiologie des systèmes explicatifs intelligents.

Parvenu à ce stade, je fus frappé par le nombre assez réduit d'études dédiées à l'utilisation de l'ordinateur comme assistant des démonstrations " en direct " par rapport à celles qui traitaient intensément de son utilisation en l'absence du professeur. Ce n'est que ces dernières années que les préoccupations liées au fonctionnement du système classe-professeur-ordinateur-élève-parents se sont amplifiées et que l'ordinateur a été replacé dans une position d'instrument pédagogique au lieu d'être vu comme substitut de la personne qui explique. En effet, en 1996, l'hypothèse tacite quasi-générale de la littérature sur l'EAO était que l'ordinateur devait se substituer simultanément au manuel et au professeur. *Les informaticiens voulaient équiper les ordinateurs avec des professeurs plutôt qu'équiper les professeurs avec des ordinateurs.*

L'absence du professeur dans les modèles " d'enseignement assisté par ordinateur " m'a posé des questions sur les plans scientifique, moral et pragmatique.

### **Intelligence artificielle ?**

L'ambition de l'intelligence artificielle et de l'informatique en général de modeler, de simuler et de reproduire toutes les activités humaines produit en moi de l'admiration, mais aussi des inquiétudes. Les nouvelles approches de modélisation complètent le traitement qualitatif classique, frôlent un niveau de détails profond et relancent des sujets importants pour les sciences de la psychologie, de l'éducation, des communications, etc. Elles ont de remarquables applications théoriques et pratiques ! La préoccupation de rendre opérationnel ce domaine détermine des progrès significatifs dans la compréhension de phénomènes qui auparavant étaient traités seulement en sciences humaines.

Je donne seulement un exemple de l'influence que cette littérature a eu sur ma vision de l'intelligence. J'ai compris que les performances intellectuelles les plus extraordinaires, les plus difficiles à simuler par des machines, *sont en fait très communes*: la plasticité, la créativité, la capacité de communication, l'émotion, l'intuition, la manipulation de concepts ambigus, etc. Nous partageons tous ces capacités formidables et c'est probablement pour cela que nous avons la tendance de ne pas les apprécier suffisamment et de former des hiérarchies intellectuelles exagérées. En mesurant l'intelligence à partir de la *surface de la terre*, soit des particularités individuelles, il pourrait paraître que quelqu'un en a deux fois plus qu'un autre, alors qu'en la mesurant à partir du *centre de la terre*, soit du fonds commun des capacités humaines, la différence est beaucoup moins significative.

Mais, d'autre part, en proposant que l'homme dépasse, au nom de la reproductibilité, le statut de fournisseur direct de services pour devenir un concepteur d'objets fournisseurs de services, la technologie " intelligente " soulève d'importantes questions d'écologie sociale. Par la généralisation des modèles d'organisation simplificatrice qu'elle prêche et encourage, la nouvelle technologie peut appauvrir les rituels sociaux humains en éliminant les phénomènes incommodes pour la simulation! Inventer des structures et des fonctionnements reproductibles est un jeu efficace et captivant. Mais la société moderne ne devrait pas évacuer les rituels existants sous prétexte qu'ils sont peu " reproductibles ", éludant les éventuels effets uniformisants, artificiels, aliénants.

Pour moi, l'intelligence de l'instrument n'a jamais été un objectif en soi. J'ai visé un compromis entre la fonctionnalité, l'efficacité et le naturel. On arriverait peut être à assurer *l'intelligibilité* par d'autres moyens

que l'intelligence artificielle, à savoir par la simplification des tâches, par la clarté du discours, par la bonne adaptation préalable de l'instrument à l'élève, par les facilités de réglage offertes à l'apprenant, par le bon guidage, par la qualité des explications, par la négociation flexible mais simple, par l'intervention d'un surveillant humain.

L'intelligence explicative artificielle me paraissait d'ailleurs assez " virtuelle ". Je voyais les avantages des didacticiels face à un manuel classique (multimodalité, interactivité, pluri-pistes, mémoire, etc.), mais je ne comprenais pas sur quoi se basait l'idée d'utiliser l'ordinateur comme substitut du pôle professoral dans la paire explicative. Chaque système expert doit émaner du domaine dans lequel il veut fonctionner. W. Clancey, un pionnier de l'application de l'IA en médecine, a signalé par exemple le caractère social de l'activité médicale et la profondeur inépuisable de l'interaction médecin-patient. Mon point de vue était similaire. L'application de l'IA en éducation rencontre des difficultés encore plus redoutables, car ici la pensée et le dialogue *ne sont pas seulement des moyens* d'arriver à une conclusion (éventuellement remplaçables par des formes a-humaines de raisonnement), *mais représentent aussi le but*. Nous devrions comprendre de manière microscopique et dynamique la compréhension et la communication humaine, pour pouvoir les simuler !

Je savais que l'art du formateur est de conduire l'apprenant sur les "voies royales" de la perception, de la compréhension, du savoir, de la mémorisation et de la performance. Le tracé de l'excursion est essentiel pour arriver au bout facilement, paisiblement, profondément (voir à ce sujet les chapitres A1, A4, A5). Le concept même a un volume historique, une forme dans le temps, une dimension temporelle. On apprend des notions-évolutions bâties pendant et par le parcours de l'apprentissage. Établir l'ordre de la présentation, c'est la plus fine partie de l'expertise, c'est la tâche la plus spécifique de l'expert. Le professeur (l'auteur) doit prendre continuellement des décisions raffinées pour l'engendrement du discours, suivant la logique interne du sujet enseigné, tout en gardant une ouverture pour s'adapter aux besoins de son élève, de son public. *Une explication de qualité se distingue d'un enchaînement banal de propositions vraies. Si on change l'ordre de présentation, on trouve éventuellement les mêmes connaissances, mais pas la même explication!*

En conséquence, on n'a pas intérêt à laisser le hasard combinatoire établir la séquence de l'enseignement. D'autre part, il est difficile (voire impossible) de programmer un algorithme qui tienne compte à tout moment d'un univers ouvert d'alternatives pour prendre les meilleures décisions. *L'expert en didactique ne fonctionne pas par l'inférence basée sur un groupe de règles mais, comme tout créateur, par l'inspiration censurée par la somme de son savoir*. La granulation des mini-discours englobés dans les "bases de connaissances" demande un assemblage mécanique pour parvenir au discours global. En remplaçant le discours *créé*, les

“ instructeurs artificiels ” ne peuvent pas éviter la médiocrité! Le guide artificiel devrait plutôt utiliser les principes de l'IA pour aider quelqu'un à accéder aisément à une *base d'explications déjà créées* (“ ressources explicatives ”).

A plusieurs reprises, j'ai invité mes collègues de recherche à des discussions sur les possibilités de participation de l'ordinateur dans la gestion de la démonstration asynchrone. Quels étaient les moyens dont l'ordinateur dispose pour saisir le besoin d'une modification de mode, de piste ou de mode de coopération? Quelle est sa plage de manœuvre? Quelles sont ses capacités de négocier son intervention avec l'utilisateur? Quels sont les mécanismes que l'auteur peut utiliser pour préparer le mandat de l'ordinateur et pour l'améliorer, à mesure que l'utilisation apporte un feed-back correcteur?

### **L'intelligence... du système**

Au cours de mes exposés, j'ai suggéré l'intérêt des systèmes qui combinent (alternent) la coopération synchrone expert-novice (utilisant l'ordinateur comme interface raffinée de communication) et asynchrone (utilisant l'ordinateur comme partenaire mandaté par le pôle manquant). Quand l'intervention directe de l'expert n'est pas nécessaire ou possible, on peut recourir à l'ordinateur comme intermédiaire. Son comportement peut aller de la rigidité cohérente d'un discours à reproduire jusqu'à la flexibilité d'une structure des messages à gérer. Quand l'intervention directe d'une personne qui explique devient nécessaire et possible, elle peut améliorer la synchronisation à un prix bien plus bas que celui réclamé par la préparation exhaustive d'une adaptation automatique. *On ne doit pas dépenser par “ purisme ” des efforts énormes pour forcer des solutions artificielles quand l'intervention directe est opportune !* Il faut épargner les experts quand cela est rentable. Intéressé par le rapport performance-coût, je pensais au schéma classique : “résoudre 80% des situations avec 20% d'efforts ”.

Pour l'adaptation efficace de l'explication, j'ai donc proposé un système de distribution flexible de l'intelligence entre les agents humains et artificiels. Dans mon modèle, *l'ordinateur était un intermédiaire de plus en plus raffiné entre des acteurs de plus en plus intelligents*. Une telle stratégie pragmatique et “ incrémentale ” (progressive) demandait une vision plus large sur l'utilisation des systèmes experts en éducation que les paradigmes qui étaient à la mode à ce moment en intelligence artificielle. Même si les nouvelles idées sur les processus parallèles et l'intelligence distribuée entre plusieurs agents émergeaient, les informaticiens ne parlaient pas encore beaucoup de la distribution dynamique de l'intelligence entre les agents humains et artificiels.

En STI (les systèmes tutoriels intelligents), l'influence de l'auteur sur la leçon était réduite au mécanisme initial de " l'extraction de l'expertise ". C'était le corollaire de la statique conceptuelle qui dominait encore les sciences cognitives. Peu de systèmes STI traitaient avec attention le rapport dynamique et historique entre l'expert et le système, leurs relations évolutives *après l'extraction initiale d'expertise*. L'interférence entre l'évolution du savoir-faire et du faire, qui caractérise les experts humains, n'était pas exploitée par ces systèmes à experts enterrés sous les règles d'inférence. On parlait davantage de l'évolution de l'outil qui représentait un enseignant dans une série de processus d'explication que de celle de l'expert représenté en oubliant que, dans des conditions normales, il aurait évolué au rythme de sa prestation! Le fait que *le présentateur apprend à enseigner dans un contexte*, aurait dû imposer une relation serrée et continue entre les enseignants et les STI .

Mais dans les paradigmes "statiques" des STI, l'intervention de l'expert ne serait plus nécessaire pendant ou après l'utilisation de l'objet explicatif, car l'ordinateur est chargé dès le début de la capacité de déduire les réactions explicatives pour une certaine classe de sujets et de situations. Il est préparé initialement pour les actes *de composition générique*, performance surhumaine, belle, mais... encore imaginaire. Ma thèse essaie de révéler la complexité énorme du problème de l'extraction d'expertise et de la formalisation de " règles " qu'un expert en explication appliquerait dans son activité courante. Face à la plasticité, à l'ouverture, à la créativité mises en jeu par un bon professeur, " l'intelligence générique " de l'ordinateur ne peut être que rudimentaire.

Il me paraissait raisonnable qu'on avance vers l'intelligence explicative artificielle en perfectionnant la capacité de l'ordinateur de faciliter la synchronisation entre les intelligences de l'auteur, de l'élève et du professeur. Au lieu d'une extraction initiale d'expertise, on pourrait chercher un mécanisme pour raffiner progressivement les rôles dans le triangle expert- ordinateur- novice. L'ordinateur deviendrait expert en intermédiation, par expérience (voir aussi les développements de la littérature sur le " machine learning ").

Ainsi, quand le " maître " humain est présent et explique quelque chose, l'ordinateur pourrait enregistrer les actions des deux protagonistes en préparant des interventions similaires lorsqu'un autre novice poursuivra seul la démonstration. Si l'expert est absent, les questions et les situations sans réponse immédiate seraient enregistrées dans leur contexte, ce qui permettrait à l'expert de répondre avec retard et de perfectionner la composition. L'expert pourrait laisser la paire novice- ordinateur se débrouiller sans lui (en la surveillant éventuellement) jusqu'au point où son intervention deviendrait opportune ou serait réclamée. Cette intervention pourrait être facilitée par l'enregistrement du chemin qui a conduit à une certaine situation, par



des moyens de communication en triangle, par la gestion d'une éventuelle queue d'attente ou de rendez-vous avec un expert- assistant occupé ou servant plusieurs personnes, etc.

### **Vers une autre perspective**

Ces problèmes étaient d'une facture différente de ceux liés à l'investissement initial de l'ordinateur avec l'intelligence nécessaire pour des réactions complexes. Ils m'ont déterminé à suivre attentivement des tendances comme " parallel processing ", " distributed systems ", " situated action ", " social cognition ", " intelligent agents ". Par contre, j'étais de plus en plus intrigué par l'approche trop ambitieuse et théorique des grands projets STI. Ils visaient des objectifs extrêmement ambitieux et ne répondaient pas aux problèmes urgents de la formation, peu connus et mal compris. Il était bizarre de voir qu'au moment où la dynamique des connaissances nécessaires pour le fonctionnement d'une entreprise était devenue presque hystérique, on songeait à des systèmes instructifs lourds, difficiles à mettre en marche et à mettre à jour.

Influencé continuellement par l'ingénieur que j'abritais en moi, j'ai continué à scruter les mécanismes qui permettaient à un auteur la construction rapide et économique d'une démonstration raisonnable. Je donne ici un exemple révélateur de l'esprit de mes préoccupations. J'ai étudié attentivement les produits de type " wizard " ou " template ", qui n'étaient pas trop flexibles mais étaient facile à utiliser. En analysant dans la bibliothèque MFC (Microsoft Foundation Class) les objets utilisables pour le développement rapide des systèmes d'aide des applications Windows, j'ai pensé à organiser de manière similaire une classe d'objets qui permette à un auteur de monter rapidement des démonstrations. Un enregistreur des gestes sur l'interface suivrait les opérations d'un expert. Un " player " permettrait à l'auteur de revoir le " film " des opérations (piste 1) en l'enrichissant d'une piste secondaire de commentaires, etc. Les démonstrations ainsi préparées seraient mises à la disposition du novice pour qu'il les étudie seul, ou pourraient être exploitées pendant des séances de coopération novice- expert. Des annotations supplémentaires (questions et réponses) pourraient être faites à ces occasions, en enrichissant la démonstration à chaque utilisation. Voilà donc mes couleurs.

En décembre 1995, après plusieurs interventions dans les discussions sur l'architecture de SAFARI, j'ai déposé un mémoire expliquant mon point de vue. Voilà un extrait de mes suggestions:

"Problèmes, remarques et propositions :

1. *Le rapport entre les besoins de formation en entreprise et le développement des STI* . Explorer les vrais besoins en formation. Assurer le feed-back des clients. Penser à la pertinence instructive "avant", "pendant" et pas seulement "après" la construction des modules.
2. *Le rapport complexité - "économie"* . Réduire la surface du front de recherche pour accroître son efficacité. Tenir compte de la performance relative de ceux qui préparent ou qui consomment l'instruction.

Évaluer le rapport entre efforts et résultats. Comparer aux autres moyens envisageables. Assurer la facilité de la mise à jour.

3. *Le rapport artificiel - humain.* Préparer des outils d'aide pour la construction facile des cours par un humain et pour l'assistance humaine pendant la formation avec l'ordinateur. Définir un système hybride qui n'oblige pas les bénéficiaires à recourir à d'autres outils quand les solutions "artificielles" ne sont pas opportunes.

4. *Le rapport informatique- autres expertises dans la création des STI.* Intégrer plus d'experts en formation, didactique, psychologie, communications, etc. Utiliser leur expertise au niveau de la création de chaque module. Saisir l'importance de l'expérience pédagogique dans la création des objets instructifs.

5. *Le rapport modularité (séparabilité) - unité (cohérence):* Tenir compte de l'unité du discours instructif. Penser à l'intégration des divers "agents intelligents" dans un discours global cohérent et capable de métamorphose. Explorer les effets pédagogiques "transversaux", entre les pistes discursives.

6. *Le rapport "quoi?" - "comment?" dans la préparation du dialogue instructif:* Tenir compte de l'unité fond-forme du message instructif et de l'importance de l'interaction au niveau de l'interface. Construire des modules pour la gestion de la forme de présentation des connaissances. »

Ces considérations ont soulevé un assez faible intérêt. Les dialogues avec mes collègues m'ont démontré que ma position était comprise comme une critique spéculative ou stérile et pas comme un essai constructif de redéfinir le paradigme des STI pour élargir leurs chances de réussite.

J'ai eu la certitude que ma vision était hors du courant principal à l'occasion du congrès mondial STI qui a eu lieu en 1996 à Montréal. J'ai profité de l'occasion pour poser aux autorités du domaine les questions qui me creusaient l'esprit. Les réponses n'ont fait que renforcer ma conviction que l'accent mis sur les systèmes éducatifs intelligents autonomes, au détriment des systèmes hybrides qui permettent une croissance progressive de la participation de l'ordinateur dans l'économie de l'intelligence, était une erreur de parcours. Il y avait une distance entre les modèles sophistiqués qui étaient présentés dans les sections théoriques et les instruments classiques "d'autoring multimédia" exposés dans les stands démonstratifs. Cela parlait de soi. Le congrès m'a décidé de quitter la recherche de l'intelligence pédagogique artificielle pour explorer le potentiel de l'ordinateur comme assistant de l'homme dans la gestion intelligente des processus explicatifs.

## Chapitre B5: Le projet "Instruction à triple contrôle"

- la négociation et le mixage synchrone-asynchrone -

### Vision et buts

Pendant l'automne de 1996, j'ai abandonné le paradigme de l'explication asynchrone basé sur la séparation composition- utilisation. Il ne me paraissait pas seulement rigide, mais aussi trop éloigné de la résonance bipolaire qui soutient l'acte explicatif. Après l'étude de l'ergonomie pédagogique de l'interface homme-machine, je voulais revenir à l'interface homme- homme.

J'assistais aux virages reflétés dans la littérature de l'éducation utilisant l'ordinateur. On revenait vers la communication éducative avec l'ordinateur. Cette tendance avait probablement été provoquée plutôt par la spectaculaire rencontre entre les technologies informatiques et celles des télécommunications que par la conscientisation de la bipolarité et de la consonance explicative. Pourtant, ce fut une réorientation fertile, qui remettait en cause mes efforts d'analyser le phénomène de l'instrumentation de l'explication.

Dans un article rédigé en collaboration avec André Morin, présenté en 1997 au Colloque CIPTE dans le cadre du congrès ACFAS, nous avons expliqué notre vision :

“ En effectuant une recherche dans la base de données ERIC sous les termes CAI, CBT, CAL, ICAL et ITS, nous constatons que l'immense majorité des articles qui s'occupent de l'utilisation de l'ordinateur en éducation ne parlent pas de l'intervention du professeur dans l'utilisation du “ didacticiel ”. Le professeur est rarement considéré dans l'objectif de recherche et, quand on en tient compte, il est perçu comme l'auteur du didacticiel ou le gestionnaire de son utilisation. On trouve par ailleurs beaucoup de recommandations sur l'“ authoring ” et de multiples conseils pour la gestion de la salle de cours. Mais presque jamais on ne donne de détails sur la relation pédagogique triangulaire entre le professeur, l'élève et l'ordinateur, c'est-à-dire sur la didactique des didacticiels. Il est notoire de constater qu'on a peu de critères pour concevoir des didacticiels qui seraient utilisés comme interface entre l'élève et le professeur. [...]

Il y a aussi, pourtant, un prix à payer dans cette séparation des deux partenaires du dialogue que nous croyons essentiel à toute pédagogie: l'absence du feed-back immédiat et raffiné qui assure la synchronisation continue d'un système à “ deux centres ” de décision. L'ensemble enseignant- élève a deux pôles de décision. Ils sont complexes, car chaque pôle a son espace cognitif. Ils sont spécialisés, l'un contrôlant le contenu et sa pédagogie et l'autre contrôlant l'évolution de ses propres connaissances. Enfin, ils sont capables de spontanéité parce qu'ils peuvent réagir continuellement dans un contexte partiellement imprévisible. Les deux partenaires disposent d'une “ interface ” (prédisposition, habitude) naturelle pour le dialogue.[...]

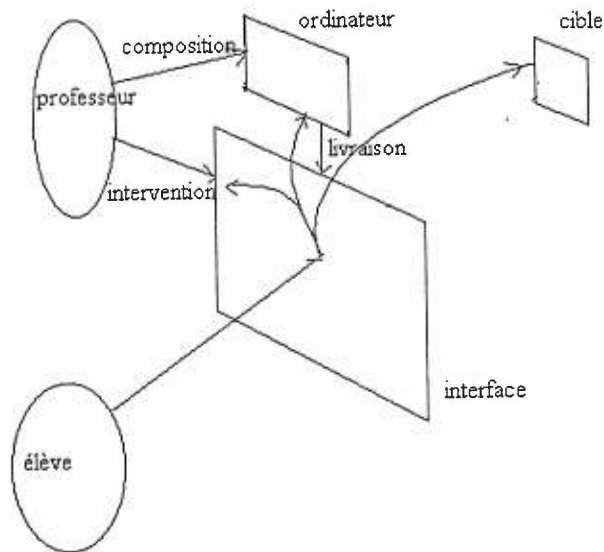
Essentiellement nous affirmons que le dialogue ne peut être coupé en deux étapes distinctes, car les deux partenaires du processus de communication pédagogique fonctionnent simultanément et synchroniquement. L'action dialogale ne peut se décrire comme un processus de cause à effet. Le système de connaissance

progresses grâce à l'atmosphère ou à l'état d'ensemble. C'est ce que les adeptes du "situated cognition" sont en train de redécouvrir. C'est la présence de l'autre qui oblige à un continuel changement du discours.

Même les moments de monologue qui s'enchaînent composent un dialogue global; l'essence dialogique veut que pendant que l'un parle, l'autre écoute. Quand le tour de parler viendra à celui qui écoute, son discours sera influencé par ce qu'il aura entendu. L'interférence des discours des deux partenaires se base sur le changement successif des rôles dans le couple parler-écouter. Si on néglige le caractère dialogique fondamental du monologue et de l'écoute, on peut s'étonner des effets d'un discours bien adapté. Mais si on tient compte du caractère dialogique caché d'un monologue adapté, on saisit que pour parvenir à cette adaptation, le partenaire de l'élève doit pouvoir l'écouter et le comprendre. On perçoit dès lors la limite de ce qu'un ordinateur peut faire. Le professeur peut émettre pertinemment, parce qu'il écoute aussi continuellement.[...]

On s'est penché encore très peu sur le mixage entre les étapes asynchrones et synchrones d'un processus d'enseignement. En conséquence, la fusion entre les outils d'instruction fabriqués en ITS (CAI) et en CSCW (CMC) tarde à voir le jour. Nous sommes partisans d'un système où l'élève est assisté simultanément par un ordinateur, qui englobe l'instruction préfabriquée, et par le professeur, qui ajoute les indications nécessaires ad hoc. Il s'agit d'un système de formation à triple commande, comprenant le professeur, l'ordinateur et l'apprenant, dont le fonctionnement mixte, synchrone et asynchrone permet une importante flexibilité. Il nous faut un modèle commun pour la coopération instructive synchrone et asynchrone afin de parvenir à déduire un module opérationnel capable de les combiner de diverses façons. [...]

Une application qui pourrait s'inscrire dans cette direction consisterait dans un système qui permette la coopération formative à distance sur un réseau informatique.



**Figure B5 Le mixage synchrone - asynchrone**

[...] Le professeur peut intervenir en temps réel ou préparer l'ordinateur pour une réaction pendant son absence. Une fenêtre graphique peut donc être utilisée comme page de livre ou de cahier. Le professeur, l'élève et l'ordinateur interagissent pendant la formation, respectant un protocole qu'ils choisissent, grâce à la négociation, parmi plusieurs protocoles disponibles. Ainsi, le professeur démontre pendant que l'apprenant observe, opère et peut intervenir; l'auxiliaire d'enseignement, s'il existe, surveille; l'ordinateur présente une démonstration préparée, l'élève apprend par découverte guidée par l'ordinateur, etc. Le protocole peut

changer en cours de route et l'ordinateur contribue aux adaptations nécessaires (métamorphose). L'authoring (composition du message), la communication, le monitoring (assistance par ordinateur) et la collaboration (travail coopératif en triangle) sont des hypostases qui déterminent les bases de fonctionnement du système.”

### **La coopération explicative assistée par ordinateur**

Je me suis proposé de concevoir un système capable de passer aisément d'un mode synchrone à un mode asynchrone de communication, selon les nécessités, sans perdre la continuité de la démarche explicative. Le professeur devrait pouvoir passer du rôle d'auteur d'une leçon destinée à une lecture autonome à celui de présentateur, utilisant une démonstration préparée comme matériel pédagogique. L'élève pourrait passer de la posture d'explorateur de l'objet explicatif à celle de partenaire du professeur intervenu pour l'aider. L'ordinateur soutiendrait ces changements de rôles (ou d'hypostases) dans le cadre du mandat préparé par l'auteur. Celui-ci disposerait d'une méthodologie de composition, d'un langage de modélisation et d'un instrument “ d'authoring ” adéquats pour gérer le changement dynamique de la topologie du système explicatif.

Au début, le fonctionnement décrit plus haut était purement imaginaire. Je ne partais pas d'une observation immédiate, mais d'une *synthèse comportementale*. Je voulais utiliser ces spécifications physiologiques pour bâtir un système réel. J'étais donc devant *un cas de synthèse instrumentale*.

Quant aux situations qui auraient pu profiter d'une telle physiologie, j'envisageais surtout l'apprentissage des procédures par travail coopératif. J'avais conservé ma fascination pour la manière qu'on avait employée pour m'apprendre à piloter en partageant les commandes avec l'expert (voir le chapitre A1 ). Je voulais mieux comprendre et utiliser le formidable mécanisme de transfert d'expertise par l'entrée progressive dans la peau de l'expert. L'idée de voyager à deux dans une exécution commentée était d'autant plus tentante que l'ordinateur apportait la possibilité supplémentaire de l'apprentissage par simulation. En combinant la coopération synchrone avec l'expert pilote et la coopération asynchrone avec la simulation enrichie par lui, les possibilités d'explication s'amplifiaient fortement.

Mais un tel fonctionnement demande une communication multimédia riche et un partage cohérent du contrôle sur l'application dont on explique le fonctionnement. L'immersion dans l'aventure de l'autre suppose l'observation de ses gestes extérieurs et doit aussi permettre de comprendre ses observations, ses raisonnements. Pour que le partenaire rende explicite son aventure intérieure, il a besoin de pistes secondaires, attachées à la piste principale du travail coopératif, qui reflètent un modèle mental utilisé ou

recommandé, des explications textuelles, des sélections appropriées dans la documentation, des exemples et des considérations supplémentaires, des messages ad hoc visant la négociation et la synchronisation du dialogue, etc.

La gestion de toutes ces pistes pose le problème du faisceau discursif. La stéréo-explication est nécessaire pour suivre l'expert qui agit sur sa cible en coordonnant des processus parallèles comme l'action, l'observation, la documentation, le raisonnement, la communication avec l'élève. On a besoin d'un mécanisme de négociation de la structure des fenêtres graphiques et de la modalité des messages, c'est-à-dire d'un mécanisme d'adaptation de la communication. L'accès aux objets partagés peut se faire conformément à une vaste gamme de protocoles (" floor control ") pouvant aussi faire l'objet d'une négociation.

Les applications CMC (chat, mail, news, audio et vidéo-conférences, whiteboard, etc) utilisent le mode synchrone ou asynchrone et parfois leur combinaison, sans se lancer dans l'ingénierie sémantique. Elles exploitent le potentiel de la communication bipolaire en percevant l'ordinateur seulement comme une interface émancipée. Des domaines comme le GUI (Grafical User Interfaces) et le HCI (Human Computer Interaction) étudient intensément encore aujourd'hui le mixage des modalités d'expression et de coopération, à la recherche d'une bonne ergonomie. Ils cherchent des formalismes de modélisation des interfaces et des interactions qui apparaissent pendant une session de communication ou pendant une série de sessions à objectif unitaire. Ce sont des études d'un grand intérêt pour la technologie de l'éducation.

La communication coopérative en groupe dispose d'instruments de plus en plus sophistiqués. Par exemple, les vidéoconférences permettent le dialogue entre un grand nombre d'acteurs et offrent des mécanismes évolués pour la gestion de la participation (floor- control). Cela m'a conduit vers le domaine qui offrait les instruments théoriques et pratiques les plus propices pour le traitement de mon projet, c'est-à-dire le CSCW (Computer Supported Cooperative Work). Celui-ci est axé sur la conception d'instruments de coopération entre plusieurs acteurs pour effectuer une tâche en commun.

Toutefois, j'ai trouvé dans le CSCW peu d'observations sur la particularisation des mécanismes coopératifs dans le cas d'objectifs explicatifs. Les instruments de " groupware ", tout en ayant un indiscutable potentiel formatif, n'étaient pas conçus spécialement pour faciliter le transfert de l'expertise. C'était probablement aux Sciences de l'éducation que revenait cette étude spécifique.

La littérature de la Technologie éducationnelle a accueilli le CSCW surtout en réactivant la problématique de l'apprentissage par coopération entre les étudiants. Dans les applications courantes du CSCW, quand

l'expert intervient, il le fait pour des actions certes très utiles, mais auxiliaires par rapport au phénomène central de l'explication: faciliter la coopération entre les étudiants, gérer l'utilisation des ressources, corriger la composition des cours, etc. Cela ne répondait pas à mon problème: comment organiser avec les nouveaux outils la coopération explicative novice-expert?

La relation asymétrique professeur- élève demandait la conception de rituels, de protocoles et d'instruments de coopération spécifiques. Les outils de "groupware " facilitent en général la coopération par la division du travail. Les partenaires ont des tâches séparées et les accomplissent isolement. *Ce sont les résultats qui doivent fusionner*. Le cas de la coopération explicative est différent, parce que les deux partenaires doivent travailler sur la même tâche, de la manière la plus entremêlée possible et avec la meilleure visibilité réciproque. *Ce sont les processus qui doivent fusionner*. Même avec les outils de type "shared application ", les besoins signalés plus haut n'étaient pas encore satisfaits. Il fallait trouver de nouveaux modèles, des stratégies et des instruments de composition pour faciliter le " faire ensemble, pendant qu'on en discute ". J'ai baptisé cette voie CSCE (computer supported cooperative explanation).

## **Le projet**

J'ai continué mon étude sur la négociation triangulaire élève- ordinateur- professeur dans le projet "Explication à triple contrôle ". Pour l'implantation de la coopération explicative à distance, j'ai choisi le contexte d'un réseau local, parce qu'il permettait une transmission à bande large et en temps réel (sans délai). J'ai profité des facilités des réseaux " AppleTalk " de MacIntosh qui permettait à une certaine gamme d'applications (notamment " HyperCard ") d'être contrôlées à distance à l'aide du langage " AppleScript ". Ces possibilités étaient très intéressantes, mais je me suis heurté là aussi à des limitations importantes.

Les commandes données à l'ordinateur A pouvaient déclencher des ordres, envoyés à l'ordinateur B, qui exécutait des actions en conséquence. Mais on ne pouvait pas voir le geste originel (le déplacement de la souris, l'appui du clavier, la gesticulation, la direction du regard, l'attitude du corps, l'expression de l'acteur). En m'inspirant de la littérature sur l'"awareness " (la perception de l'autre) dans les " shared windows " (fenêtres partagées), j'ai testé diverses astuces pour représenter le mouvement de la souris du partenaire et ses autres gestes démonstratifs. J'essayais de m'approcher ainsi de l'impression que les utilisateurs auraient eue s'ils avaient pu s'observer directement.

En revanche, les gestes opérationnels ou explicatifs en dehors de l'ordinateur ont été difficiles à capter et à reproduire, faute d'une technique vidéo. Mais celle-ci aurait occupé (souvent inutilement) une large bande de

transmission. Le mouvement de la main vers la souris, le geste de montrer un point ou d'encercler une zone pouvaient aussi être simulés pour être reproduits à distance sans un surcoût trop important, mais cela demandait une analyse subtile des métaphores. Je suis arrivé à un compromis en prévoyant, sur mes interfaces couplées, des personnages qui représentaient les acteurs (expert, novice, ordinateur). Les utilisateurs étaient obligés d'agir par l'intermédiaire de ces personnages, comme dans la technique des "avatars", largement utilisée dans les jeux et dans la réalité virtuelle coopérative. Je réussissais ainsi à offrir aux partenaires une image commune sur le monde partagé.

Pour faciliter la synchronisation entre les commandes données en parallèle qui posaient d'importants problèmes ergonomiques et techniques, il est utile de bien percevoir l'autre. En effet, il n'est pas évident de fabriquer une automobile avec deux postes de contrôle, de manière à ce qu'elle puisse être conduite par deux pilotes simultanément!

Si les deux partenaires agissent simultanément, des conflits (des "collisions") peuvent survenir. Pour les résoudre ou les éviter, des mécanismes de "floor control" sont nécessaires. Les désynchronisations produisent d'autant plus de perturbations qu'il existe un retard significatif dans la transmission des ordres à distance. C'est pour cela que dans un intranet (ou dans des sous-réseaux Internet à haut débit) on peut réaliser des mécanismes de coopération que le grand Internet ne peut pas encore soutenir.

J'ai conçu des mécanismes de synchronisation entre deux modules démonstratifs "HyperCard" couplés par "AppleScript". J'aurais voulu résoudre de manière générique le problème de la synchronisation, pour assurer l'accès coopératif à n'importe quelle application MacIntosh, mais l'environnement de programmation ne le permettait pas. Pourtant, les résultats ont été prometteurs. J'ai réussi à montrer comment un expert et un novice pouvaient conduire ensemble une démonstration répliquée entre deux ordinateurs spécialement préparés pour supporter la communication et la négociation. L'expert, le novice et les ordinateurs mandatés par l'auteur de l'application distribuée pouvaient appuyer sur des boutons, indiquer des zones, communiquer verbalement et textuellement, faire des annotations, modifier la structure des fenêtres de présentation et négocier les droits d'intervention.

Ce dernier point m'a obligé à reprendre la modélisation des formes de distribution de la décision, au cours d'une démonstration. Mon ancien modèle (déjà compliqué) devait être raffiné dans le nouveau contexte, car les *trois* acteurs avaient une gamme très large de possibilités pour le partage des décisions. J'ai trouvé des dizaines de façons d'appuyer pédagogiquement sur un seul bouton! Qui décide le passage au pas suivant? Qui observe, s'informe, se rappelle, raisonne et déduit ce qu'il faut faire? Qui énonce et explique la tentative



d'action proposée ? Qui intervient pour la valider ou la contredire? Qui a le droit de faire le geste effectif, qui a le droit de le bloquer ? Qui fait les commentaires pendant ou après l'action?

Il n'était pas facile d'extraire, de toutes les combinaisons possibles, le groupe des formes significatives pour un rituel utilisable ou utilisé à un point précis de la démonstration. Par exemple : " le professeur demande la continuation, l'ordinateur fait des suggestions, l'élève agit, le professeur valide et commente "; " l'élève demande la continuation, l'ordinateur recommande, l'élève sollicite la médiation de l'expert, celui-ci n'étant pas disponible, l'ordinateur enregistre la question ", etc., etc.

Il fallait considérer les choix imaginables et caractériser les séquences de choix potentiels et effectifs. Si les acteurs changent le rituel (en profitant des alternatives accessibles dans le cadre d'un protocole), la trajectoire de la démonstration dans l'espace des types de coopération devient sinueuse et la caractérisation du processus démonstratif, difficile. Si, en plus, ils changent en cours de route le protocole de coopération, il devient difficile de caractériser la structure démonstrative. Ainsi la description formelle de la coopération est difficile. Mais, si on veut que l'ordinateur participe de manière active à la négociation et au déroulement de tous ces rituels, il est nécessaire de les modéliser minutieusement! J'ai investi beaucoup dans l'analyse de ce problème parce qu'il représentait un pas vers la modélisation du *processus explicatif*.

Revenant au plan pratique, il est fort probable que j'aurais avancé beaucoup plus dans la direction des démonstrateurs à triple commande si je n'étais pas entré sur une nouvelle piste de recherche, à savoir la reproduction des comportements étudiés auparavant dans les applications éducatives d'Internet. Cette réorientation technologique, provoquée par " la vague Internet ", était aussi une investigation nécessaire pour compléter mon étude du mixage synchrone- asynchrone. Ce nouveau pas me plaçait au milieu d'un phénomène complémentaire au dialogue: l'organisation d'une structure d'informations, en vue de leur exploration.

## Chapitre B6: Les projets " TaxiNet " et " StereoTutor "

- l'assistance dans la gestion des informations sur Internet et la stéréo-présentation portable-

### La vague Internet

A partir de 1994 j'ai étudié l'Internet avec assiduité. D'abord, je l'ai analysé comme univers documentaire utile pour des recherches en éducation. J'en ai fait une synthèse en y travaillant quelques mois pour découvrir à la fin sur Internet une synthèse analogue déjà faite! Puis, j'ai constaté que mon travail devenait caduc rapidement. Je me suis sensibilisé au problème du dépistage des informations, une étape préalable à la consultation. Le "phénomène Internet" mettait en évidence l'importance de plus en plus grande de la documentation par rapport à l'instruction dans un contexte informationnel explosif. J'ai déjà montré dans un autre chapitre que, dans une entreprise, il fallait trouver une explication au moment où on en a besoin, sans qu'il soit toujours nécessaire de la mémoriser. L'explication hors- instruction se rencontre de plus en plus dans des situations comme " l'aide en ligne ", "le support aux clients ", "l'assistance des utilisateurs", "le guichet de référence", "le groupe de coopération ".

Les dialogues avec mon épouse, qui a fait entre 1994 et 1996 des études en "Bibliothéconomie et Sciences de l'information ", m'ont permis de suivre de près la problématique de la documentation. Nous avons observé Internet comme un instrument de recherche des informations (la télé- documentation) continuant la tradition des bases d'informations distribuées. En consultant la littérature qui décrivait l'activité des bibliothécaires de références et les problèmes posés par leur conversion dans des guides documentaires pour Internet, j'ai compris que c'était un terrain fertile d'application pour mes études sur le mixage de l'assistance synchrone et asynchrone. L'Internet m'est apparu comme une énorme structure explicative potentielle dont l'exploitation efficace réclame des formes variées d'assistance. Le bibliothécaire de référence sur Internet devrait pouvoir coopérer à distance, de manière synchrone et asynchrone, avec ses clients en leur expliquant comment trouver les informations utiles, de façon analogue à l'assistance offerte dans une bibliothèque.

Mon intérêt pour l'organisation des espaces informationnels et pour l'assistance de leur exploration a toujours suivi celui pour la présentation discursive et dialogale. L'essai C3 (sur la physiologie) de l'explication présente la " sérialisation du parallélisme " (le discours expliquant des structures) et "la parallélisation de la sérialité " (la décomposition expliquant des processus) comme des phénomènes explicatifs de base. L'organisation des bases d'informations représente un geste explicatif complémentaire à l'acte discursif. Une structure informationnelle a un potentiel explicatif qu'une exploration matérialise. Réciproquement, un environnement de découverte permet la décomposition structurée d'un discours. La

recherche des informations est un *discours interrogatif*, alternant avec le monologue de la lecture, pour composer le phénomène explicatif de l'exploration.

J'ai observé avec attention les opérations informationnelles qu'on peut exécuter sur Internet: la navigation à la recherche des informations, l'interrogation des bases de données à distance, la gestion locale des informations trouvées, la mise au point et l'utilisation des grands moteurs de recherche et des grands répertoires, l'abonnement aux sources pertinentes, le filtrage des informations, les systèmes de recommandation, la communication bilatérale et collective, la composition des sites WEB, l'assistance et l'éducation à distance, etc. J'ai composé un curriculum et des cours et j'ai donné des leçons plutôt informelles à quelques occasions. Je voulais sentir le spécifique des procédures sur Internet *comme sujet* des explications. Une autre direction de mon attention est allée vers l'utilisation d'Internet *comme instrument* pour l'explication à distance. L'application qui me paraissait la plus intéressante *était l'explication des opérations sur Internet par Internet!*

Un des aspects que j'ai trouvé remarquable a été la corrélation entre le succès fulgurant du WEB et la simplicité et l'universalité de l'interface HTML. La préférence des utilisateurs pour une interface unique et familière, au lieu de la multitude d'interfaces des applications client- serveur existantes exprimait à mon opinion un besoin naturel d'économie et de cohérence. Ceux qui composent des explications doivent chercher la simplicité ergonomique et la consistance sémiotique. Expliquer, c'est simplifier la compréhension, surtout pour les sujets compliqués. Les solutions sophistiquées doivent être adoptées seulement en dernier recours.

L'universalité de l'Internet promettait aussi une évasion au piège des technologies disparates, périssables et coûteuses qui diminuent actuellement les bénéfices des efforts de composition. Cet espoir m'a déterminé de transposer mon groupe de problèmes sur Internet: la combinaison des modalités, la présentation pluri-pistes, le mixage synchrone- asynchrone, la modification labile du mode de coopération, le triple-contrôle. Je voulais des solutions "distribuées", fonctionnant dans un réseau d'ordinateurs coopérants, "portables", indépendantes du type d'ordinateur et "transparentes", ne demandant aux acteurs de se concentrer que sur la logique de l'explication, sans avoir besoin de savoir tous les détails techniques. Cette tentative m'a valu la prolongation de mon étude de deux ans.

Je me suis proposé d'intégrer une gamme de nouveaux instruments explicatifs, basés sur la coopération à triple contrôle, dans des systèmes complets d'assistance pour les utilisateurs d'Internet. J'ai nommé finalement ce projet "*TaxiNet*".

## Le projet TaxiNet

Le point de départ de ce projet était l'observation que l'orientation des voyageurs dans le labyrinthe informationnel Internet est un problème de plus en plus critique. Une fois arrivés sur un site, ils peuvent utiliser les moyens conçus pour l'assistance des utilisateurs. Mais le problème que je posais était: comment et qui peut offrir de l'aide aux navigateurs qui ne sont pas encore arrivés à l'adresse la plus opportune et qui ont besoin d'assistance pour la trouver ? Ils peuvent parvenir sur un site en navigant, en partant d'une recommandation trouvée quelque part, en utilisant un répertoire comme Yahoo ou un moteur de recherche comme AltaVista. Ils peuvent aussi utiliser les menus que certains fournisseurs de services Internet (AOL, etc) offrent à leur clients. Ces outils sont nécessaires mais pas *suffisants*. Il existe un public qui n'est pas bien servi par les instruments actuels d'orientation et qui, en conséquence, utilise l'Internet difficilement et inefficacement. Les voyageurs non-experts s'orientent avec difficulté sur la carte énorme et changeante du l'hyperespace, ne sont pas avisés sur les instruments et les techniques qu'il pourraient utiliser, ne sont pas en mesure de décider quelles adresses sont les plus pertinentes et dignes de confiance, ne savent pas comment filtrer les informations obtenues avec les moteurs de recherche, etc. La compréhension de ces problèmes impose des nouvelles formules d'assistance, qui combinent la documentation à adresse générale avec *l'aide personnalisée* offerte par un assistant humain, de manière synchrone ou asynchrone. Voilà donc l'objectif du TaxiNet.

Les centrales TaxiNet devaient permettre d'abord la mise en contact ( immédiate ou programmée pour plus tard ) des guides et des clients, qui annonçaient leurs demandes et leurs offres. Puis, elles devaient permettre la navigation coopérative synchrone et la coopération asynchrone par une navigation annotée. Elles devaient aussi soutenir plusieurs autres opérations dont la gestion des informations, la composition WEB, les abonnements, la communication, etc. Enfin, un système de suivi, de rétroaction et de paiement était aussi nécessaire.

Je voyais plusieurs contextes d'application:

- Un fournisseur d'accès Internet pourrait utiliser une centrale TaxiNet pour améliorer la qualité des services offerts à ses clients.
- Une entreprise pourrait équiper son réseau local avec une centrale TaxiNet pour offrir à ses employés la possibilité d'exploitation coopérative d' Internet, ou l'assistance d'un documentaliste spécialisé.
- Un centre virtuel d'information pourrait utiliser TaxiNet comme site WEB exploité par la coopération libre entre les utilisateurs ou par l'intervention de guides spécialisés et payés.

- Un centre public TaxiNet serait utilisable par des personnes qui n'ont pas d'accès Internet, ou ne veulent pas perdre trop de temps avec la recherche et préfèrent des services Internet "à la carte", avec tout l'encadrement nécessaire, comme dans un restaurant.

En fabriquant des "TaxiNet", je voulais pousser plus loin l'étude comportementale et en même temps tester mes idées destinées à inspirer la fabrication de nouveaux instruments. Pour un projet si vaste, j'avais besoin de partenaires. Un vieil ami, homme d'affaires à Washington, voulait lancer en Roumanie une entreprise de design WEB et cherchait quelqu'un pour former l'équipe de développement. D'autre part, l'Institut Polytechnique de Iasi (où j'avais fait mes études en Télécommunications) était une pépinière d'étudiants en informatique qui permettait la sélection d'une équipe forte. J'ai profité de cette double opportunité. Le plan initial a été d'organiser le stage des futurs "développeurs WEB" autour du projet TaxiNet. J'espérais parvenir dans un an à un premier prototype fonctionnel avec lequel on aurait pu équiper l'Institut Polytechnique qui avait besoin d'optimiser l'utilisation de l'Internet pour la documentation et la recherche. En septembre 1997, je me suis déplacé vers la Roumanie dans le laboratoire de Iasi où j'ai travaillé plus d'un an comme chef de projet et d'équipe.

Sur le plan de la consolidation de l'équipe de design WEB et du lancement de l'entreprise EASE, les résultats ont été positifs. On a tous gagné beaucoup d'expérience. Certaines parties du projet ont été développées jusqu'au stade de prototypes fonctionnels. Mais le TaxiNet n'a pas été finalisé... Ce n'est pas la place pour décrire ici la multitude des obstacles auxquels je me suis heurté et qui m'ont obligé à percevoir la différence entre la recherche et le développement. Si j'en signale quelques-uns, c'est pour expliquer ce que j'ai compris sur la position difficile d'un acteur du système complet de l'explication: l'ingénieur fabricant.

Un multitude d'aspects collatéraux et imprévus m'ont obligé à négliger ou ont perturbé l'axe principal de ma recherche: l'expérience initiale réduite des étudiants dans le développement WEB, les fonds et les moyens restreints par rapport à l'ampleur du projet, le temps impressionnant réclamé pour l'organisation du réseau des ordinateurs et la méthodologie de développement, le besoin de s'orienter continuellement dans l'univers hystérique des technologies et des informations, etc. Le temps passait impitoyablement; les solutions intéressantes se dévalorisaient le lendemain de leur apparition; la technologie évoluait plus vite que notre capacité de la suivre! Le fait de travailler dans le laboratoire jusqu'à 44 heures sur 48 n'a changé que peu de choses. L'importance cruciale du capital pour le succès de l'entreprise de fabrication était d'une frustrante évidence.

En réalisant que le projet initial était trop ample pour le contexte du terrain, j'ai décidé de le diviser en plusieurs sous-projets que j'ai proposés à des équipes plus petites. Je les ai conduits parallèlement.

La gestion de la mise en contact des assistants et des assistés a été traitée dans plusieurs projets:

“Assistance synchrone” (développé en ISAPI C++ par C. Mironeanu et S. Mihaila) préparait le contact immédiat, sollicité par un “Internaute” en difficulté; le système cherchait un assistant approprié et disponible, utilisant un algorithme de type “queue d’attente”.

“Assistance asynchrone” (développé en ISAPI C++ par S. Mihalche si N. Archip) permettait, à l’aide d’une structure de définition de l’expertise, la programmation de celui qui avait besoin d’aide sur la liste d’un guide disponible ultérieurement.

J’ai exploré des techniques de gestion du processus de type “demande et offre” (“matching systems”) dans les projets- études: “Jobs” (développé en PowerBuilder par S. Kovacs); “Real Estate” (développé en CGI VisualBasic par I. Sova); “Personals” (développé en ColdFusion par C. Mitocar); “Cars” (développé en ASP et VBscript par I. Macovei); “News” (développé en C++ par D. Papaghiuc). À part les éléments classiques (la gestion des informations, les comptes des clients, la sécurité, la performance du serveur, l’interface ergonomique, etc.), j’ai étudié dans ces projets des comportements qui visaient le fonctionnement des TaxiNet : les robots de corrélation entre la base des offres et celle des demandes, la transformation d’une recherche vers une des bases dans une inscription dans l’autre, la répétition automatique des requêtes et l’avis par email en cas de réussite, etc.

Les problèmes du suivi, de la personnalisation des comptes, du commerce et du paiement électronique, nécessaires pour la gestion des TaxiNet ont été aussi abordés dans une série de projets (conduits par B. Ghidireac et développés avec ASP, SSL, CyberCash, SiteServer).

J’ai scruté dans les projets “Collective memory” (développé en CGI Perl et JavaScript par M. Feraru et A. Dumitrascu ) et “Cooperative Active Bookmarks” (développé en C++ et ASP par S. Mihalache) la problématique de la gestion coopérative des onglets de référence sur Internet et Intranet. Dans les spécifications des protocoles de coopération, j’ai suivi le cas de la collaboration documentaire dans une équipe d’experts ayant différents rôles dans une entreprise et d’autre part, le cas la collaboration entre un client et le bibliothécaire de référence qui l’aide dans la recherche des informations.

Les techniques impliquées dans les projets (les serveurs WEB, les bases de données, les langages de programmation) ont été très variées au début parce que nous avons voulu comparer leur potentiel pour comprendre les tendances de la technologie et établir des formules “portables” (dépendant le moins possible d’un outil spécifique). On devait aussi préparer l’équipe pour une gamme encore imprécise de contrats potentiels. Cette ambition a retardé l’avancement du TaxiNet. Ce n’est qu’en 1998 que nous nous sommes

arrêtés sur une technologie: BackOffice (NT 4.0, MIIS, SQL 6.5) VisualStudio (InterDev, ASP, VBasic, C++, J++) DHTML, JavaScript, ActiveX, JavaApplets, Flash).

Tout cela avait de quoi décourager un auteur qui osait se lancer dans la fabrication "de bas niveau", parce qu'il était mécontent des outils de composition que les informaticiens lui offraient.

### **La navigation partagée**

Le problème principal pour ma recherche, qui était aussi l'axe des TaxiNet, a été le mécanisme de coopération tri- polaire expert- ordinateur- novice. Cette étude a été concentrée dans le projet "Cooperative browsing" (développé avec C++ et DCOM par S. Mihaila et O. Groza). L'évolution tortueuse des spécifications de ce projet a commencé avec ce plan initial :

Deux ordinateurs liés en réseau partagent une démonstration. Les fenêtres principales contiennent une application quelconque devenue bi- contrôlable par un mécanisme extérieur. Leur corrélation se base sur une "fenêtre de glace" (transparente) superposée sur la fenêtre de l'application, qui ainsi complétée avec une couche démonstrative, constitue la piste principale de la démonstration. Quand un des partenaires tente une action vers l'application, son geste est intercepté par le filtre de glace qui possède des instructions concernant la réaction. L'interprétation correcte du geste au niveau du filtre superposé suppose que celui-ci suive les transformations de la fenêtre qu'il couvre (scroll, refresh, etc) et que l'auteur de la démonstration prépare des réactions explicites et cohérentes. Sur le "filtre de glace" l'auteur et les partenaires peuvent faire des annotations: des signaux, des explications, etc. Le même filtre doit transmettre les gestes au partenaire à distance. De l'autre côté, le "filtre jumeau" doit faire les adaptations nécessaires, mixer les télé- commandes avec les ordres de l'utilisateur local, pour contrôler en conséquence l'application qu'il a au-dessous. Il existe aussi des pistes supplémentaires de communication. Dans le cas asynchrone, l'utilisateur qui navigue seul peut faire des annotations que son partenaire pourra revoir à l'occasion de la reprise de la navigation enregistrée.

Ce projet s'est avéré très difficile. Je décris plus bas quelques problèmes techniques rencontrés pour illustrer la position du fabricant dans l'univers des instruments primaires qu'il utilise pour produire les instruments secondaires nécessaires au concepteur de l'explication. On saisira ainsi la différence entre ces deux mondes et la raison pour laquelle il n'est pas facile de trouver un langage (dénominateur) commun pour leur dialogue.

L'Internet n'offre pas encore des conditions pour une coopération en temps réel et ne garantit pas l'explication synchrone. Le protocole IP et ceux basés sur lui utilisent la transmission par paquets, sans

maintenir une connexion permanente (comme le font les centrales téléphoniques), ce qui a apporté économie et flexibilité; en même temps il n'assure pas le passage immédiat d'une commande d'un ordinateur à l'autre. Quand le réseau est congestionné, un acteur peut recevoir la réaction de son partenaire avec un retard inacceptable. Ajoutons à cette restriction la bande de transmission limitée et fluctuante qui ne garantit pas le passage des signaux multimédia avec le volume et le rythme nécessaire. En dépit des efforts pour garantir la bande d'accès (compression des informations, techniques de "streaming" comme "RealAudio" et "RealVideo", méthodologies de négociation de la "qualité du service" etc.), la transmission synchrone multimédia sur Internet reste problématique. Cet aspect dérange surtout quand le principe sur lequel se fonde la réplique de l'application à distance est le "bitmap sharing" (la copie d'un écran pour le refaire sur l'autre).

Si on utilise le principe des "replicated architectures" (deux applications distinctes mais synchronisées par des ordres qui passent entre les deux ordinateurs) les nécessités de bande passante sont plus modestes. Mais la synchronisation est empêchée par l'absence d'une transmission immédiate, si on n'utilise pas de nouvelles technologies de commutation (comme ATM, qui ne se généralise pas au rythme que j'espérais en 1997). Ainsi, j'ai dû faire des compromis dans la quête des comportements désirés: fabriquer l'instrument de partage seulement pour la navigation coopérative dans les réseaux locaux (intranet) et mettre au point pour Internet des solutions partielles.

Une difficulté redoutable était de rendre portables les objets explicatifs partageables, ce que le contexte Internet promettait. Mon espoir était de lier deux ordinateurs avec des configurations différentes (hardware, systèmes d'opération, variables d'état). Mais cela s'est avéré un vœu pieux à cause des restrictions des couches technologiques qui ne m'ont pas permis la "transparence" au niveau de la couche de communication. Les systèmes d'opération existants (Microsoft Windows, MacOS, XWindows) gèrent différemment les interfaces de leurs applications, empêchant l'interception des actions adressées par l'utilisateur vers l'application A1, pour l'injecter vers l'application A2. Cette manœuvre est difficile même si les systèmes d'opération sont identiques. Quand l'interception se fait à l'intérieur de l'application A1, on peut transmettre un ordre vers A2 seulement si le système d'opération de l'ordinateur permet la manipulation d'une application par ordre extérieur, à la place des gestes sur l'interface de l'utilisateur local. Dans le système Windows de Microsoft nous n'avions pas retrouvé les facilités de commande extérieure (par "script") offerte par AppleScript aux applications MacIntosh que pour quelques applications conçues les dernières années (par exemple le "scripting" VBA pour la gamme Microsoft Office). Microsoft a introduit récemment des techniques comme COM, DCOM OLE Automation sur la base desquelles on peut construire des applications contrôlables à distance par scripts. L'informatique est en train de faire de grands pas dans la direction des applications distribuées et du contrôle à distance. Le modèle virtuel de comportement que j'ai



décrit à la fin de ce chapitre sera probablement bientôt une réalité. Mais aujourd'hui encore, un auteur d'objets collaboratifs- explicatifs distribués ne dispose pas d'instruments de composition appropriés.

Même quand on peut intercepter des ordres en A1 pour les injecter en A2, on doit résoudre des problèmes supplémentaires. Par exemple, nous devons concilier les ordres à distance avec les ordres locaux ("floor control") et réaliser un "awareness" qui donne aux partenaires la possibilité de s'observer adéquatement. Nous devons aussi résoudre les problèmes posés par les différences entre les contextes des deux applications liées. Les moniteurs peuvent avoir des dimensions différentes ou être réglés sur d'autres résolutions. Les processus peuvent se dérouler avec des temps différents d'exécution. Les fenêtres des applications peuvent être placées et dimensionnées différemment. Les variables de système inscrites dans les registres des ordinateurs peuvent aussi différer. Ainsi la transposition d'un geste, d'un contexte vers l'autre peut réclamer une adaptation ou une réduction des libertés de manœuvre.

La réalisation d'une "application partagée" sur deux plates-formes identiques par la programmation explicite des deux répliques corrélées est complexe mais pourtant faisable. Pour faciliter la composition des démonstrations de type "shared work", le mieux serait de disposer d'un unique outil "d'authoring", applicable sur toute application destinée à l'explication à distance. En passant de la démonstration d'une application à la démonstration d'une autre, l'auteur utiliserait les mêmes mécanismes de composition. Il s'occuperait seulement de la physiologie démonstrative superposée sur la couche des applications, sans être obligé de modifier leur code, auquel d'ailleurs il n'a généralement pas accès. Les mécanismes de partage devraient être englobés dans la méta- application démonstrative et non pas infusés dans l'application démontrée. Mais comment intercepter, interpréter, retransmettre et traiter les actions de l'utilisateur sur la fenêtre de l'application sans entrer dans son programme? L'essai d'agrandir la reproductibilité de la solution se heurte à de grandes difficultés à cause de la manière de contrôler les applications utilisées par les systèmes d'opération actuels.

Nous avons essayé de réaliser la "fenêtre de glace" B1, superposée sur l'application A1 qui devait intercepter les gestes pour les transmettre vers la fenêtre- sœur B2 qui couvrait A2. Ici on injectait les ordres reçus dans la "queue d'attente" que le système d'opération Windows utilisait pour satisfaire les commandes de l'utilisateur local. Cette technique devait respecter le mode de gestion des interfaces, supporter les changements dynamiques des fenêtres, dépasser la difficulté du mixage des gestes locaux et répliqués, permettre "l'awareness", soutenir les commentaires et les annotations. Mais le fait de préparer les réactions démonstratives "au dessus" de la couche de l'application nous isolait des mécanismes d'interprétation des gestes à l'intérieur de l'application. L'auteur était obligé ainsi à un effort important d'interprétation supplémentaire, difficile à synchroniser avec celle de l'application, surtout si on permettait la modification

des fenêtres (dimension, scroll, résolution, couleurs, etc.). Les spécifications de la carcasse démonstrative universelle se sont avérées en conséquence trop ambitieuses. Nous sommes arrivés à la conclusion que, *jusqu'à l'arrivée des ordinateurs spéciaux, utilisant une couche intermédiaire comme filtre contrôlable entre les actions et les applications*, nous devons nous contenter de solutions plus modestes.

On a pu faire des compromis en réduisant l'espace des opérations, en utilisant des plates-formes identiques et des applications dédiées. Notre prototype réalise déjà la navigation à double commande avec deux navigateurs Microsoft Explorer modifiés pour permettre la coopération, les annotations et la communication entre les deux pilotes. Il s'inscrit dans une vague de préoccupations similaires. Des exemples de plus en plus intéressants montrent l'intérêt actuel du sujet: le "Cooperative Browsing" avec Netscape Conference, le mode "Application Sharing" de Microsoft NetMeeting, etc. Nous assistons à une explosion des applications de type "Remote Control" et "Shared Applications", ayant pour l'origine le "groupware" ou les "vidéoconférences", basées sur les technologies de l'informatique distribuée (DCOM, Corba etc) et préparant le passage vers le "network computer".

Mais même pour le cas particulier de la navigation coopérative, il y a encore beaucoup de problèmes difficiles. Prenons seulement l'exemple du rapport en triangle entre deux navigateurs et un serveur qu'ils essaient de visiter en coopération. La symétrie désirée n'était plus possible: les deux ordinateurs avaient des IP différents; leurs possesseurs avaient des paroles et des droits différents par rapport à l'application qui roulait sur le serveur, qui leur allouait deux sessions différentes; les conditions des réseaux pouvaient introduire des différences importantes entre les réponses que les deux clients recevaient pour des requêtes similaires! Pour dépasser cette impasse (qui apparaît dans la réplification de toutes les applications de type client-serveur) nous avons dû permettre l'accès réel au serveur pour un seul navigateur qui mixait les commandes des deux utilisateurs et leur distribuait les répliques reçues du serveur.

Toutes ces complications ont retardé l'apparition du démonstrateur WEB à triple commande et des TaxiNet qui en dépendaient, au-delà du terme que j'avais à ma disposition pour terminer mon doctorat. J'ai dû quitter le laboratoire de Iasi et revenir à Montréal pour terminer ma thèse, tout en continuant de surveiller à distance l'avancement des travaux (expérience que je n'ai pas assez d'espace pour décrire ici). Ma tentative n'a donc pas réussi dans le délai prévu. Pourtant, je considère l'expérience comme fort intéressante. J'en suis sorti enrichi sur le plan de l'observation de la production des outils informatiques, ce qui complétait mon incursion phénoménologique.

## Le projet StéréoTutor

D'autre part, l'équipe de Iasi s'est soudée et a gagné une expérience importante dans la combinaison des techniques variées pour bâtir une application de mise en contact, de documentation, de transaction. Pour ma part, j'ai pu valoriser cette expérience dans un projet de coopération avec l'Université de Montréal. Pendant l'automne 1998, nous avons contribué à un cours de développement WEB (IFT 3220), présenté par le professeur Jan Gecsei, par des suggestions concernant le curriculum et le laboratoire et par un tutoriel qui permettait aux étudiants la comparaison de plusieurs technologies de design WEB.

Dans ce projet, appelé "StereoTutor" (développé avec C. Mitocaru, L. Vornicu, S. Savin, A. Dumitrascu) je n'avais pas encore pu intégrer la triple commande pour des raisons exposées plus haut. Ce perfectionnement devait prendre encore un certain temps car il dépendait de la finalisation du projet de coopération avec "fenêtre de glace". Ce que j'ai pu introduire dans "StereoTutor" était le principe de la stéréodémonstration, transposé dans les conditions du WWW. La réalisation a été simplifiée par rapport au cas de l'HyperCard, à cause du caractère labile du HTML. D'autre part, les instruments de travail interactif au niveau du navigateur (JavaScript, Java applets, ActiveX controls, Netscape plug-ins, Shockwave et Flash) ne permettaient pas la réalisation facile d'un stéréodémonstrateur multi-contrôlable (simulation avec aspect graphique garanti, couches d'annotation, awareness, floor control, etc).

Notre tutoriel (accessible à l'adresse [www.easeweb.com/umontreal](http://www.easeweb.com/umontreal)) met en évidence l'intérêt du principe de la stéréodémonstration pour les présentations multi-facettes et comparatives. Son but est l'initiation dans le design au niveau du client WEB et du serveur WEB. La méthode d'explication consiste dans la présentation commentée du traitement d'un même problème (un magasin virtuel simple) dans 6 technologies différentes. Les utilisateurs peuvent comparer les sources commentées et les schémas de design et disposent aussi des méta-commentaires des "développeurs" (C. Mitocaru, A. Dumitrascu, S. Mihalache, M. Iftime, S. Breban).

De côté du serveur sont comparés les: ASP- VBscript, ColdFusion, Java Servlets, ISAPI C++, CGI Perl, JavaScript- LiveWire et l'accès aux données par ODBC, JDBC, ADO, Access, SQL 6.5, miniSQL, fichiers plats. Du côté du client (browser) l'interactivité et la gestion des données ont été résolues avec JavaScript, VBscript, Cookies, ActiveX, DHTML Datasources, applets Java.

Les observations et l'explication qui suivent seraient plus utiles si elles accompagnaient la visite du site.

La piste principale de la démonstration ("application ") présente un magasin virtuel simple mais fonctionnel qui se comporte identiquement dans les 6 alternatives techniques. Pour passer de la démonstration d'une technologie à une autre, cette piste aurait dû contenir vraiment la technique commentée dans les autres fenêtres démonstratives. Mais l'emplacement de la démonstration à un seul fournisseur Internet, qui ne dispose pas de tous les serveurs et services que les 6 technologies utilisent (serveurs MIIS, Netscape et Apache, extension ASP et Cold Fusion etc), rend ce fonctionnement impossible. Profitant du comportement identique des versions, on a équipé la démonstration avec une seule implémentation, utilisée pour illustrer le fonctionnement de l'application. Ceux qui seraient intrigués par ce truc peuvent visiter les applications réelles, installées dans le réseau local de Iasi.

La deuxième piste ("sources") relève les sources (les programmes) qui réalisent le comportement de l'application. Elles sont enrichies par trois niveaux de commentaires (concernant une ligne, un module ou toute la page source), conçus et mis en évidence de façon consistante. Le fait important est que, pareillement à un "meta-debugger", la piste "sources " contient à tout moment exactement les modules qui sont intervenus pour réaliser la dernière opération. Ces modules sont extraits des pages sources globales qui peuvent être consultées pour saisir la position du module courant. Si l'utilisateur change de technique, la fenêtre se met à jour en lui permettant de comparer les sources qui réalisent des fonctions analogues.

La troisième piste ("cartes ") contient les schémas de l'application en deux versions : un schéma simple (utilisable dans le dialogue client-analyste pour l'extraction des spécifications) et un schéma complexe avec les détails d'implémentation, basé sur la modélisation UML (utilisable pour le dialogue analyste-"développeur"). Le schéma général est commun pour les 6 applications. Par contre, les schémas UML différents mettent en évidence les différences d'approche entre les techniques. Comme pour le cas de la piste source, on peut choisir le schéma voulu à tout moment. L'utilisation de la technique "flash " pour la réalisation de ces cartes offre à l'utilisateur de bonnes possibilités d'investigation, permettant d'agrandir les détails, de déplacer la fenêtre d'observation, de percevoir les modules actifs mis en évidence par les couleurs et l'animation et d'appuyer sur les blocs dont on veut obtenir des informations supplémentaires dans les autres fenêtres.

La quatrième piste ("commentaires ") est dédiée aux observations sur la réalisation de chaque pas de l'application, que les concepteurs partagent avec leur public. Elle utilise des métaphores graphiques qui mettent en évidence le processus de coopération entre le serveur et le browser dans l'interprétation et l'exécution des sources. Elle contient aussi des explications textuelles, commentant les schémas graphiques

ou révélant divers aspects constatés par les "développeurs". C'est ici qu'est mis en valeur le mixage de la communication textuelle- sérielle et graphique- parallèle si efficace pour expliquer les processus complexes.

La cinquième piste ("aide ") contient l'aide contextuelle classique - c'est-à-dire un index des connaissances nécessaires pour la réalisation de chaque module. Il fait des renvois vers des pages pertinentes extraites de la documentation technique. Ici on a utilisé comme modalité l'exploration hypertextuelle, collatérale, mais synchronisée avec l'évolution de la navigation.

Les cinq pistes peuvent être parcourues séparément. Cela peut intéresser au début, pour se familiariser, ou plus tard quand on veut analyser une seule piste et qu'on ne veut pas partager l'écran avec les autres. Mais le mode d'exploitation le plus intéressant est le mode "stéréo"; les pistes sont visibles simultanément, chacune dans sa propre fenêtre. Une des pistes ("maître ") sera l'axe de navigation. C'est ici que l'élève agit pour explorer la démonstration en profitant du fait que les autres pistes ("esclaves ") sont automatiquement mises à jour (synchronisées) pour compléter les informations de la piste "maître ". Par exemple, quand la piste "application " est la piste "maître " de la démonstration, l'utilisateur avance dans le magasin virtuel comme un client habituel. Mais regardant dans les fenêtres "esclave " il peut voir, après chaque opération, les parties responsables des sources, les blocs impliqués sur le schéma, les commentaires sur le modèle métaphorique et l'aide contextuelle appropriée.

Si la piste "cartes " ou "sources " devient "maître ", l'appui d'un bloc quelconque devrait mettre à jour les autres fenêtres, incluant la piste de l'application devenue " esclave ". Cette chose est plus difficile à réaliser, car l'avancement dans l'application est un processus à états, qui ne peut pas être géré dans un ordre arbitraire! Si tu n'as rien mis dans la corbeille, tu ne peux pas exercer le paiement à la caisse. Si l'administrateur n'a rien mis dans le catalogue des produits, on ne peut pas montrer la manière de le consulter. Pour permettre à l'explorateur qui veut observer le fonctionnement d'un bloc ou d'un module source au milieu d'une application, il faut préparer spécialement le contexte dans lequel il sera placé. Une autre solution qui apporte de la cohérence est d'interdire toute activité sur les pistes "esclaves " utilisées seulement comme panneau d'affichage. Dans ce cas, la fenêtre "application " contiendra le "film" des événements démontrés.

Même si les pistes "esclaves " ont seulement une fonction d'affichage, elles demandent l'interactivité nécessaire pour leur exploration commode. À cause de la dimension limitée de l'écran, la dialectique détail-ensemble est un problème épineux qui réclame des facilités de type scroll, dilatation, etc. Si à un certain moment ces instruments ne suffisent pas pour l'observation des fenêtres secondaires trop petites, on peut

agrandir celles-ci en les commutant avec la fenêtre principale de la démonstration. L'application "maître" est conçue de manière à pouvoir être manipulée dans une fenêtre plus petite.

La dernière fenêtre visible sert au contrôle du système multi-pistes. C'est ici que l'utilisateur peut demander, à l'aide d'un bouton, que l'information présentée dans une fenêtre auxiliaire apparaisse dans la fenêtre principale. C'est toujours ici qu'il pourra imposer, avec un autre bouton, l'axe principal de la démonstration. Il pourra choisir les modes : "application driven", "source driven", "map driven" ou "comments driven" (cette partie est encore en développement). Un autre bouton permet la commutation des commentaires d'une technologie à une autre, en assurant la mise à jour de toutes les fenêtres. Il y a aussi un bouton pour changer le type du schéma utilisé sur la piste "cartes". Ce panneau de configuration dynamique pourrait être considéré comme une sixième piste ("contrôle"). Je prévois l'enrichissement significatif de cette piste de négociation quand la démonstration passera au mode de travail mixte synchrone-asynchrone. Des pistes supplémentaires de communication deviendront probablement nécessaires et la gestion du faisceau discursif se compliquera.

Une fois raffiné le contenu pédagogique et la physiologie de cette application encore à améliorer, j'ai l'intention d'aborder la construction d'un instrument générique de présentation coopérative WEB. Il sera ajouté, dans un futur imprévisible, aux autres outils qui équiperont mon TaxiNet...

Mais dans le cadre de cette thèse, mon voyage au bout du laboratoire se termine, avec des conclusions présentées dans le chapitre suivant.

## Chapitre B7: Spécifications pour la synthèse d'un instrument virtuel

Je résume dans ce chapitre les idées extraites des expériences racontées dans cette partie B que le lecteur a pu trouver trop longue. Sans doute je n'ai pas accompli une recherche de développement pur mais une investigation microscopique du phénomène de design des démonstrations. On aura reconnu mon intérêt pour les relations entre la " statique de la démonstration " (formes et structures), sa "cinématique " (lecture, émission et communication), sa "dynamique " (décisions et négociation) et son économie (instruments de facilitation). Ma vision m'amène à la conclusion suivante: *au lieu d'impliquer l'ordinateur dans l'ingénierie sémantique, j'opte pour l'étude de la combinaison (ou de l'agencement) des systèmes de communication ayant un potentiel explicatif et des systèmes d'acteurs humains qui en sont les utilisateurs possibles.*

Par " système de communication ayant un potentiel explicatif " je prévois un instrument complexe qui nous permettrait :

- de combiner la communication synchrone et la communication asynchrone et de faciliter la négociation et la synchronisation entre les partenaires;
- d'agencer l'assistance locale et à distance;
- de mixer l'assistance humaine directe et par guide (mentor) artificiel et ainsi d'optimiser la gestion globale de l'intelligence;
- de combiner diverses modalités de présentation de messages;
- de combiner l'explication sérielle (discursive) et l'explication parallèle (structurante) en vue de gérer les faisceaux discursifs;
- d'apprendre les procédures en même temps que les connaissances déclaratives et les stratégies heuristiques utilisées;
- de modifier dynamiquement le comportement des systèmes, pour répondre aux changements (métamorphoses) des postures des acteurs;
- d'encourager la motivation en favorisant une évaluation raffinée et rapide;
- d'intégrer intimement les phases de composition et d'utilisation;
- d'équilibrer les besoins de reproductibilité et de spécificité;
- et de réduire les coûts du processus explicatif.

Il convient de savoir qui établit *les descriptions opérationnelles qui servent de critères aux fabricants lorsqu'ils produiront des instruments de composition pouvant servir aux auteurs d'explications pour réaliser les performances* mentionnées plus haut. Pour produire de tels instruments, les informaticiens ont besoin de spécifications minutieuses, adaptées à leurs outils de travail. On ne peut y arriver que par un dialogue pluridisciplinaire, grâce à des équipes mixtes. Un protocole de fonctionnement s'impose ainsi qu'un langage

de communication pour la coordination. Les experts de sujets (matières) à expliquer et les pédagogues définissent les nécessités sémantiques, mais négligent parfois des aspects qui tiennent intimement à la logistique de la communication. Les experts en communication, proposent des processus qui ne sont pas toujours en accord avec le potentiel technologique. Les ingénieurs mettent en valeur des instruments et des techniques qu'ils connaissent mieux plutôt que de chercher une synthèse instrumentale qui soutienne la meilleure physiologie pour expliquer une sémantique! Si mon récit microscopique a illustré la difficulté de synchronisation entre les différents experts qui cohabitaient dans ma personne, que dire des partenaires qui habitent chacun dans un univers cognitif propre et spécialisé?

Je terminerai ce récit de développement par un discours (ou monologue) interdisciplinaire. Je décrirai plus bas dans un langage assez hétéroclite les *spécifications d'un instrument virtuel*, qui s'inscrirait dans la tradition du livre, des cahiers, du tableau noir, des rétroprojecteurs, du cinéma, de la télévision et que je n'ai pas encore réussi à produire. J'ai appelé cet objet imaginaire NOVEX, en pensant au couple novice- expert auquel je le destine. Ce faisant, je pense aussi à des types nouveaux d'explication qu'il rendrait possible et à la technologie du "network operating virtual explanation" qui nous plonge en science fiction. Je garde l'espoir que les ambitions parfois contradictoires que le NOVEX devrait concilier seront non- vexantes pour le lecteur !

### *Principes de comportement des NOVEX*

#### *Les caractéristiques générales ( la coopération explicative).*

Deux ordinateurs, placés à distance mais liés par télé- communication, sont équipés pour permettre des séances de coopération explicative entre un expert et un novice.

- ✧ Le système supporte plusieurs types d'assistance: la division du travail et l'échange d'expérience, l'intervention ponctuelle d'aide, l'instruction complète avec diverses méthodologies, la consultation d'une démonstration composée au préalable et l'exploration guidée d'une structure d'informations.

Le sujet de l'explication peut être varié : un système (processus) matériel englobé ou pouvant être simulé dans l'ordinateur, un système (processus) conceptuel exprimable (modélisable, descriptible ) avec l'ordinateur, une procédure qui demande à l'opérateur d'agir sur des objets pouvant être simulés en utilisant des connaissances qu'on peut représenter.

À l'aide du système de coordination entre les deux pôles de l'application partagée à distance, le novice peut suivre et explorer l'activité de l'expert. Il apprend à concevoir, à communiquer et à agir en guettant ou en



dialoguant avec l'expert en symbiose d'apprentissage pour entrer progressivement "dans sa peau" (le pas de deux mentionné auparavant).

La couche télé-informatique résout tous les problèmes techniques: les retards, les restrictions de débit, la différence de plates-formes ou de contextes, etc.

### **1. L'immersion extérieure- intérieure réciproque**

Les opérations extérieures (les manœuvres sur les interfaces) que l'expert exécute normalement, peuvent être démontrées au novice dans une fenêtre de télé-réplication passive (affichage du film des actions de l'autre) ou active (action commune sur l'application partagée).

Les opérations intérieures (l'observation, la concentration, le raisonnement, la consultation de la mémoire, la mémorisation et la décision) peuvent être explicitées par des messages placés sur des pistes auxiliaires ou sur un "filtre de glace" superposé sur la fenêtre de l'action.

Si l'expert le considère opportun, il cherchera dans ses actions et ses messages *la fidélité* c'est-à-dire à refléter le plus exactement son activité normale. Il peut aussi s'éloigner volontairement de sa façon habituelle de faire pour chercher *l'expressivité* pédagogique c'est-à-dire adapter son discours à la position évolutive du récepteur des explications (le novice, l'apprenant).

Pour que l'expert adapte l'explication, il doit pouvoir observer le plus correctement possible l'aventure de son partenaire en train d'agir et de comprendre. Il doit donc percevoir les gestes et les raisonnements explicites du novice. Le système doit être symétrique pour permettre une immersion réciproque.

### **2. Les modalités, les fenêtres, la perception réciproque ("awareness")**

Les messages peuvent être composés avec les modalités et les techniques les plus appropriées: le texte lisible introduit au clavier ou avec scanner et dispositif de reconnaissance de l'écriture ou encore avec microphone et dispositif de reconnaissance de la parole; le message oral, dictée ou obtenu automatiquement d'un texte écrit, les graphiques dessinés en-ligne ou préparés; le film, préparé ou produit en-ligne par une caméra vidéo, etc.

Le présentateur peut placer les messages sur chaque piste (fenêtre) du faisceau discursif qui compose la démonstration. Il peut contrôler facilement la répartition des fenêtres ouvertes à un certain moment (fermer, ouvrir, agrandir, changer la position ou la destination sémantique).

Les changements de pistes sont répliqués fidèlement et sans retard ou sont filtrés conformément à un certain protocole vers l'autre côté du tandem.

L'interface assure une bonne perception de l'activité de l'autre ("awareness"). Le présentateur peut indiquer au partenaire les endroits où il doit se concentrer pour percevoir un message ou une action. Il peut signaler un point, encercler une zone, tourner l'attention vers une piste, faire des annotations superposées ou latérales, comme le ferait un démonstrateur présent physiquement près de son élève.

### ***3. La composition préalable et en ligne***

Au cas où un acte de composition en ligne (au moment de la présentation) serait incommode, l'expert ou le novice qui s'expliquent peuvent préparer préalablement des modules, des parties démonstratives en utilisant les fonctions de composition de leur environnement.

Ces objets démonstratifs peuvent être simples tels qu'un message exposé à un certain moment ou complexes tels que des tronçons ou des pistes complètes. Par exemple, l'expert peut enregistrer ses actions sur la piste de l'application démontrée, pour la compléter avec des commentaires pendant la démonstration. Ou, il peut enregistrer le gros des commentaires dans une deuxième étape de composition, en ajoutant pendant la présentation les informations réclamées ad hoc par le public. L'environnement permet la combinaison facile de la composition préalable et en ligne.

### ***4. La communication asynchrone et l'exploration du discours.***

L'auteur peut composer une démonstration intégralement et la livrer au novice pour une exploration ultérieure. Tenant compte du fait qu'il sera absent pendant la lecture, il peut prévoir des outils pour faciliter la navigation dans son discours. Le novice avance dans la démonstration par plusieurs mécanismes, commençant avec les banals "play", "next", "back" et "go to" et terminant avec des gestes posés dans la fenêtre de l'application qui produisent, à part les effets normaux, des réactions explicatives préparées explicitement par l'auteur. Dans le mode asynchrone, le novice perçoit et interprète le message au rythme qui lui convient, revient sur ses pas, découvre, exerce, apprend et s'évalue sans faire appel à l'expert.

### ***5. La décomposition- recombinaison guidée***

Quand le sujet de la démonstration est une chaîne d'opérations, la décomposition du discours en étapes se fait naturellement. Pour présenter un système complexe de concepts, d'objets ou de procédures, l'explication par discours global linéaire est remplacée par une décomposition parallèle en cellules de petits discours. La structure discursive peut être isomorphe à la structure du sujet (une image explicative fidèle) ou différente (une réflexion créative).

Le novice peut analyser la structure explicative avec des instruments qui lui permettent de percevoir simultanément les détails de chaque partie et sa position dans l'ensemble. Des pistes spéciales contiennent la

carte (le modèle, l'image, la métaphore) du système à comprendre ou du système d'explications. Une animation illustre le progrès dans la couverture ou le traitement du sujet. Le novice peut aussi noter ses progrès dans la compréhension sur les "cartes d'exploration". Les annotations explicitant la position du novice peuvent être utilisées par l'expert pour intervenir opportunément. Si les cartes d'orientation dans la structure de l'explication ne sont pas suffisantes, l'expert peut concevoir des tours guidés, en combinant la sérialité discursive et le parallélisme structurant. Il peut offrir une assistance directe.

#### ***6. Les espaces informationnels et l'exploration***

Les démonstrations par structure analysable ne sont pas utilisées seulement pour refléter un système complexe existant, mais aussi pour organiser (structurer, hiérarchiser) un ensemble d'observations (bases de données, classifications, collections, etc.). Dans ce cas, le système de messages sera organisé pour simplifier la recherche d'une information (arborescence navigable, structure relationnelle, etc.). Pour l'exploration efficace des univers notionnels, on peut aussi recourir à des métaphores visuelles, à des tours guidés ou à des séances coopératives d'orientation (références).

#### ***7. La pluralité d'alternatives et l'adaptation***

L'expert dispose de moyens pour préparer des alternatives de lecture ou de présentation de la démonstration. Il peut concevoir des versions équivalentes sémantiquement mais différentes comme forme pour choisir, suggérer ou laisser le choix de celles qui correspondent le mieux dans un contexte spécifique. Il peut mettre au point des pistes alternatives pour la démonstration, organiser des incursions collatérales, préparer des pistes supplémentaires, traiter le sujet de façon différente, stratifier la démonstration sur plusieurs niveaux de profondeur, etc.

Le novice a la liberté de choix dans l'espace des alternatives qu'on lui a préparées. On lui garantit la cohérence de la démonstration s'il respecte les consignes de l'auteur et utilise les instruments d'orientation. L'adaptation du parcours est faite grâce à des formules variées de coopération entre les acteurs, combinant les réglages manuels, automatiques ou négociés. L'espace des libertés offertes au novice doit être justifié et équilibré. Le risque d'égarement et l'effort pour retrouver la logique du discours doivent être réduits. Quand le discours est pluri-piste, le novice peut fermer certaines fenêtres s'il dispose des indications de l'auteur concernant les effets d'une telle décision sur la cohérence de la démonstration.

#### ***8. L'intervention de l'élève et les traînées du parcours***

Le novice explorateur peut faire des actions et des annotations. Ces observations sont placées dans une piste dédiée, séparée du contexte auquel elles se réfèrent avec des renvois textuels ou hypertextuels, ou sont liées à ce contexte par un mécanisme d'ancrage manuel ou automatique.

Le parcours du novice peut être enregistré. Ses annotations peuvent compléter la traînée enregistrée. Cette situation étant symétrique à celle qui permet à l'expert de composer par couches sa démonstration, le novice peut faire appel à des stratégies et des instruments de composition similaires. La traînée (commentée) du novice peut être utilisée pour l'évaluation, pour l'orientation de conseils rétroactifs, pour faciliter l'intervention d'un expert appelé en secours, pour le perfectionnement ultérieur de la démonstration ou pour offrir aux utilisateurs un univers enrichi par les observations de leurs prédécesseurs

### *9. Les fenêtres partagées et corrélées*

Le novice peut agir sur la même cible que l'expert, selon un certain protocole de contrôle, ou peut utiliser une fenêtre distincte pour reproduire ce qu'il voit dans la fenêtre contrôlée par son professeur. Dans le cas de deux fenêtres analogues, le système permet à chacun d'observer les actions du partenaire, pour les comparer avec les siennes. Il offre aussi des outils de synchronisation et d'annotation transversale entre les deux séances de travail. Une autre alternative est l'utilisation d'une troisième piste pour l'action partagée.

### *10. Les modes de dialogue; le mixage synchrone- asynchrone*

Les activités de composition, d'utilisation et de dialogue peuvent se combiner dynamiquement de plusieurs façons. La lecture et la composition peuvent alterner de manière asynchrone. La présentation synchrone (activité commune) peut alterner avec des phases de travail mono- latéral (composition ou lecture) ou d'activité parallèle et divergente (chacun fait autre chose). La formule évolutive de collaboration entre le synchrone et l'asynchrone permet la meilleure gestion du temps pour le couple collaboratif, profitant de la large gamme des choix et de la flexibilité du système.

Prenons un exemple pour mettre en évidence la variété des comportements possibles. L'expert- auteur peut maintenir une certaine avance sur le novice en allant un peu en avant pour préparer la démonstration. Le système garantit à un bout la composition et à l'autre la lecture, simultanément, sans collision et erreur. Quand le novice "rattrape l'expert", la leçon peut devenir synchrone. Sinon, l'expert peut recommander une activité auxiliaire ou une pause pour avoir le temps de préparer le reste de la démonstration. L'expert peut aussi revenir en arrière pour aider le novice. Il peut même modifier la démonstration déjà composée, influencé par les réactions du novice, en prenant des mesures pour éviter l'incohérence .

Cette plasticité peut être une complication futile et difficile à gérer dans le cas d'un rapport novice- expert simple mais elle devient intéressante dans un réseau de services explicatifs distribués, quand un seul expert doit servir un groupe de novices. Il pourra profiter de la flexibilité de l'environnement pour combiner les avantages de l'assistance asynchrone et synchrone dans un dosage établi ad hoc.

### ***11. Les protocoles flexibles pour le contrôle de la décision ("floor control ")***

J'ai décrit jusqu'ici un dispositif "à deux panneaux de contrôle " qui permet le partage des actions, des annotations, de la mémorisation des traces, etc. Les deux acteurs peuvent intervenir de manière alternative ou simultanée sur des objets différents ou partagés. Cela pose le problème du "floor control ". L'environnement doit assurer la distribution des droits d'action en conformité avec le protocole valable dans un moment précis. À titre d'exemples: expert actif et novice passif, novice actif mais sous le contrôle du maître, les deux ont accès aux commandes sur le principe "premier venu, premier servi ", le contrôle passe de l'un à l'autre sur le principe "du jeton ", etc.

Le protocole peut être changé en cours de route par négociation flexible et facile. Ce changement dans un point est automatiquement appliqué dans le reste de la démonstration pour conserver la consistance du travail à double commande. Le panneau de négociation (gestion des interventions) pendant la coopération doit prévoir des leviers de modification du protocole courant, conformément aux règles d'un méta- protocole.

### ***12. L'ordinateur comme moniteur (monitor)***

Le comportement décrit jusqu'à ce point réduit l'ordinateur à un rôle de support, laissant aux deux acteurs humains la tâche de déterminer la démonstration. Les décisions sont prises par les protagonistes intelligents (auteur, élève, présentateur) qui utilisent l'ordinateur pour leur communication directe ou retardée, discursive ou gestuelle.

Progressivement, on réalisera l'émancipation de l'instrument, utilisant les résultats de l'intelligence artificielle. La couche technique (les ordinateurs interconnectés) aura un mandat d'observation et d'intervention de plus en plus complexe. L'ordinateur-réseau guettera les manœuvres des acteurs humains pour améliorer sa prestation en complétant les règles explicites ou implicites (inférées) d'intervention avec lesquelles il a été équipé. Il appliquera son savoir-faire quant il restera le seul support du novice, en résolvant une partie des problèmes apparus pendant la lecture, comme l'aurait fait un moniteur humain mandaté par l'expert.

L'ordinateur saura reconnaître les limites de son mandat et pourra coopérer avec les autres agents, humains ou artificiels qui l'aideront à faire face aux situations difficiles ou imprévues.

### ***13. Le fonctionnement en triangle.***

Si par l'intervention d'un moniteur artificiel ou humain, la distribution triangulaire de l'initiative (novice, expert, moniteur) devient nécessaire, des nouvelles formules de distribution et de négociation des gestes et des décisions entrent en jeu. Elles permettent une coopération en triangle avantageuse et ergonomique. Par

exemple le moniteur assiste le novice jusqu'au point où celui-ci sollicite l'intervention de l'expert. Ou bien, l'expert qui surveille l'activité du moniteur intervient dans la leçon ou change la structure du programme. Ou encore, le moniteur demande l'aide de l'expert en saisissant que la situation le dépasse.

Le partage triangulaire, surtout dans l'alternative de l'activité parallèle des acteurs, suppose l'organisation correspondante de la gestion des fenêtres, de la perception réciproque et du "floor control". Toutes ces formules de coopération et leur combinaison cohérente seront gérées avec des instruments spéciaux pour le fonctionnement en triple commande que l'environnement de composition mettra à la disposition des acteurs

#### ***14. La facilité et l'apprentissage de l'utilisation***

L'élève et l'auteur de la démonstration (et éventuellement le moniteur) font les opérations signalées plus haut de la manière la plus simple et la plus naturelle possible. Ils disposent des instruments de composition (édition, communication) en-ligne et hors-ligne spécialisés, efficaces, faciles à comprendre et à manœuvrer. Ces outils sont suffisamment stables et universels pour motiver les bénéficiaires à investir en expérience d'utilisation.

Ils ont aussi à leur disposition des outils divers pour apprendre le mode d'utilisation de l'environnement mixte de démonstration. Le concepteur des NOVEX compose surtout des leçons d'utilisation *réalisées avec NOVEX* pour mettre en évidence les techniques qu'il supporte (composition- lecture, coopération, triple commande etc.). Cette application récursive fait service de calibrage pour le fabricant. L'expert qui apprend à composer débute ainsi en position d'élève et parcourt la spirale vers l'expertise avec NOVEX, ce qui l'aide à comprendre la position de ses futurs élèves.

#### ***15. La "réutilisabilité", le contrôle par "fenêtre de glace", la "portabilité"***

L'auteur d'une démonstration multi-commandée peut traiter à la longue un sujet spécifique, réutiliser certaines parties, refaire la démonstration avec d'autres élèves et d'autres conditions, opérer facilement des mises à jour, des corrections et des développements. L'instrument peut aussi être utilisé pour réaliser une classe de démonstrations semblables, avec des gains de productivité apportés par la réutilisation des méthodes et des objets déjà composés.

Enfin, si un NOVEX doit être utilisé pour le traitement explicatif d'une gamme très large d'applications, on ne doit plus injecter la logique démonstrative à l'intérieur des applications démontrées. Une meilleure "reproductibilité" de composition est obtenue avec une "fenêtre de glace", superposée sur la fenêtre de l'application. Une telle "carcasse démonstrative universelle" contrôle et synchronise à distance deux applications identiques, en interceptant, en interprétant, en filtrant, en adaptant et en redirigeant les gestes faits sur les interfaces.

Ce type de fonctionnement sera facilité par de nouveaux systèmes d'opération des ordinateurs qui introduisent entre les dispositifs d'entrée- sortie et les applications qui les utilisent un module supplémentaire programmable. Le perfectionnement technologique permet aussi de dépasser tous les problèmes causés par les différences de contexte entre les deux ordinateurs couplés assurant la " portabilité " de la démonstration.

### ***16. L'efficacité et la flexibilité de la fabrication***

La réduction de l'utilisation à un seul sujet ou à une classe de sujets permet l'élimination de fonctions inutiles et le raffinement des plus utilisées. Ce paramétrage peut se faire par le constructeur, à commande, en produisant des NOVEX dédiés, avec une modification du prix en conséquence. Les NOVEX adaptables permettent l'établissement de la formule de fonctionnement par le client, pendant ou après l'installation. Une autre façon de particulariser se base sur la coopération client-fabricant dans la définition des spécifications.

La production des NOVEX avec plusieurs variantes structurelles suppose une construction modulaire, une architecture évolutive et une méthodologie claire d'estimation du rapport prix- performance.

La réduction du coût est la préoccupation majeure du fabricant qui offre des solutions consistantes pour tous les budgets. Le critère principal d'évaluation de la valeur de l'outil est lié à l'économie d'énergie (temps) que les utilisateurs (auteur, présentateur, élèves) réalisent en s'en servant par rapport aux autres moyens qu'ils ont pour parvenir aux mêmes résultats.

### ***17. Les systèmes multi-acteurs***

Les NOVEX peuvent être utilisés dans le contexte des systèmes avec plusieurs acteurs (novices, experts, monitors). Dans des tels cas, l'instrument permet la conduite alternative ou simultanée du "taxi démonstratif" en partageant le volant de l'expert ou du novice. Plusieurs experts peuvent coopérer simultanément ou successivement dans la tâche de l'assistance d'un novice. Plusieurs novices pourront intervenir simultanément ou alternativement dans une démonstration composée ou guidée par un seul expert. Plusieurs experts et novices pourront coopérer pour utiliser les ressources disponibles. Ce genre de fonctionnement complexe se base sur des protocoles de coopération bien mis au point sur le plan technique, ergonomique et organisationnel.

### ***18. La classe virtuelle***

Un exemple d'utilisation est le travail dans une "classe virtuelle distribuée". Le professeur soutient plusieurs élèves qui l'appellent s'ils ont des problèmes pendant l'utilisation individuelle des démonstrations déjà composées par le professeur ou un autre auteur. L'accès au professeur et la coopération dans la classe

doivent être gérés conformément à une gamme variée de protocoles, choisis initialement (en fonction du contexte) ou changés dynamiquement.

Le professeur peut suivre l'évolution des élèves dans les fenêtres de démonstration individuelles et peut intervenir pour les aider en agissant sur les applications ou en transmettant des messages. Il dispose d'un panneau de contrôle pour recevoir les appels et basculer d'un élève à l'autre. Il peut aussi faire des présentations pour des groupes (genre "broadcast"), dans une fenêtre partagée ("le tableau noir") en invitant éventuellement un élève à participer. Il dispose d'un "catalogue" et d'un "aide mémoire" tandis que les élèves ont des "cahiers" pour prendre des notes. En somme, le rituel habituel de la salle de classe (du laboratoire de pratique) peut être respecté.

Il y a aussi une multitude de facilités supplémentaires: le travail actif coopératif avec les applications; la présentation pour une partie de la classe; le travail avec un élève sans déranger les autres; la communication entre les élèves; la mémorisation d'une situation pour la continuer dans une autre séance; l'évaluation par l'analyse de la trace des étudiants; la gestion par plusieurs professeurs, etc.

#### ***19. Le centre d'assistance explicative mixte***

Un cadre similaire d'utilisation de groupe consiste en une centrale pour l'assistance explicative mixte des employés d'une entreprise ou des membres d'une communauté. L'aide informationnelle offerte peut combiner la documentation, la recherche et la gestion des informations, l'instruction, le partage d'expérience, permettant la synthèse des activités traitées auparavant par des systèmes distincts.

Les assistants et les assistés ont des droits d'action flexibles, établis en fonction de leurs rôles opérationnels et de leur statut dans l'institution. Les protocoles et les instruments peuvent être adaptés à la politique de la maison et aux nécessités des utilisateurs. Le fonctionnement du système démonstratif a la flexibilité et la richesse décrites aux points précédents (le mixage synchrone-asynchrone, le mixage individuel- groupe etc.).

De plus, la centrale est équipée avec tous les outils de gestion administrative nécessaires: la gestion des comptes, le contrôle de l'accès, de la sécurité et de la confidentialité, les outils de planification, etc.

Une des fonctions les plus intéressantes de la centrale est de permettre à un documentaliste (un bibliothécaire de référence) d'assister les employés dans l'utilisation d'Internet.

#### ***20. Le TaxiNet***

L'assistance des utilisateurs d'Internet peut être organisée dans divers contextes: une entreprise dont les employés travaillent sur Internet et qui veut épargner leurs efforts d'orientation, un fournisseur d'accès



Internet qui veut offrir un meilleur encadrement, un site de services par Internet qui a besoin d'un support pour les utilisateurs, un site WEB spécialisé dans l'assistance (instruction, coopération etc.) offerte par des experts, un site de coopération volontaire dans une communauté virtuelle, un centre de services Internet "à la carte". Les centres d'assistance dans l'utilisation du réseau d'informations (TaxiNet) peuvent se baser sur les NOVEX et profiter des capacités décrites aux points précédents pour permettre à un groupe d'assistants d'aider un groupe d'assistés. Des méthodes et des modules spécifiques ajoutés aux NOVEX permettent leur exploitation optimale dans les TaxiNet.

Ceux qui sollicitent et ceux qui offrent des services d'explication doivent pouvoir définir leurs besoins (disponibilités) d'une manière unitaire, compréhensible et saisissable par l'autre partie. Le module de mise en relation doit permettre à celui qui a un besoin d'assistance de trouver sur place l'expert approprié, disponible et convenable financièrement. L'annonce de la demande parvient immédiatement aux assistants appropriés qui réagissent en conséquence. Une autre possibilité est la programmation pour une livraison ultérieure de service. Un mécanisme de mise en relation de type "enchères" est aussi possible, surtout si l'assistance est payée.

### ***21. Les modules auxiliaires et la structure ouverte***

Si l'utilisation des NOVEX impose des transactions financières (par exemple dans des NUAC à paiement) des modules appropriés peuvent être ajoutés à sa structure pour résoudre les problèmes spécifiques : les modules de gestion des comptes, de mise en contact, de paiement et de signature électronique, de cryptage, etc. Cette liste est ouverte. Par exemple, après le service d'assistance, on peut avoir besoin de comptabiliser des preuves que l'assistance a eu lieu, des rapports sur les résultats obtenus, des estimations d'efforts déposés ou des conclusions évaluatives des partenaires.

### ***22. Quelques perspectives***

Les découvertes scientifiques permettront le perfectionnement des mécanismes de facilitation de la résonance entre les deux partenaires et de la gestion d'une coopération de groupe. On pourra peut-être intercepter des réactions intérieures de A pour les transmettre à B, d'une manière utilisable. On pourra peut-être trouver une voie de communication entre les acteurs individuels et l'être distribué que leur couple forme. Le mixage entre les deux acteurs en action descendra plus profondément qu'une rencontre sur l'interface audio- vidéo, permettant à l'*organisme* novice- expert une aventure bicéphale plus intense. Chacun pourra se dédoubler en vivant l'aventure de l'autre et en même temps conserver sa propre perception des choses. Les deux pourraient aussi regarder par les yeux du système.

Dans une telle alternative imaginaire, il faudrait assurer le droit de chacun d'être exploré par un autre (individu) et de s'imbriquer dans un Autre (couple) seulement quand il le veut! Le NOVEX ne doit pas faciliter le passage de l'amour explicatif et de la communion intellectuelle ... au viol ou à l'engloutissement spirituel."

L'implémentation des instruments comme NOVEX ne pose pas seulement des problèmes conceptuels et techniques. Elle réclame aussi l'utilisation des modèles appropriés pour orienter leur construction. Étant donné la complexité d'un tel système et de son fonctionnement, sa modélisation expressive et opérationnelle est critique. Elle demande une observation attentive et un formalisme descriptif évolué. Je décrirai dans la partie C mon aventure à la recherche d'un telle description.

## **Partie C: Témoignage d'un modélisateur**

## Chapitre C1: Première étape de la modélisation

- essai sur les bases théoriques de la technologie de l'éducation -

### Une introduction à la partie C

J'ai signalé dans le prologue de la thèse l'interférence de mes trois tentatives d'expliquer l'explication: le théoricien qui veut expliquer ce qu'est l'explication et décrire comment elle se produit; le pédagogue qui cherche l'amélioration des stratégies explicatives; l'ingénieur qui vise l'optimisation du développement des instruments et des systèmes explicatifs. Si la partie A a raconté comment j'ai vécu l'explication, si la partie B a décrit mes efforts pour l'équiper avec de nouveaux instruments, *cette partie C racontera mes essais pour la décrire*. Je présente ainsi ma méditation, à la recherche d'une description unitaire du processus de l'explication, partant de l'expérience directe, de la consultation de la littérature, des expérimentations de laboratoire et de l'observation de mon propre effort de modélisation.

L'entreprise de coaguler un modèle complet du processus explicatif s'est avérée difficile. La complexité du système s'est reflétée dans le miroir de sa modélisation. En cherchant la simplification nécessaire pour atteindre une description synthétique, j'arrivais à des formules de description qui trahissaient la richesse du phénomène. Je revenais alors à l'observation et j'enrichissais la description. Puis, je cherchais une nouvelle synthèse. Cela a créé une histoire d'essais ou de tentatives de modélisation que j'essaierai de relater afin de parvenir à quelques conclusions et intuitions sur la vaste "carte des perplexités" au sujet de l'explication et contribuer peut-être à l'apparition d'une science dédiée à l'explication.

Cette dernière partie change le rapport entre les deux thèmes de mon discours: le phénomène primaire de l'explication et le phénomène secondaire de mon observation. Dans les parties A et B, le récit de mon observation a été prépondérant. La rivière du récit laissait sur ses bords des "alluvions" qui composaient progressivement l'image du phénomène explicatif, vue dans le miroir du récit de mon expérience. Mais le temps est venu de diriger mon discours directement vers le phénomène, pour offrir des descriptions synthétiques qui transcendent ma présence. Cette partie est ainsi une chaîne d'essais de description de l'explication.

Je dois pourtant assister le lecteur dans le parcours de cette série d'essais assez arides. Je l'ai fait en insérant entre les fragments dédiés à l'explication, quelques considérations sur l'histoire de leur rédaction. Ainsi, la piste du récit, même réduite et fragmentée, termine l'histoire racontée dans les parties précédentes. Un autre motif pour lequel j'ai maintenu le fil du récit est que la modélisation de l'explication a été une opération

explicative qui méritait aussi d'être analysée. Ainsi prend forme un dernier essai-narration qui scrute par introspection le problème délicat de l'explication de l'explication. Le fil du récit pourra jouer ces deux rôles: accompagner avec des explications les essais de synthèse et construire progressivement le récit de modélisation.

Dans ce chapitre, je décris mes observations sur le besoin des bases théoriques de la technologie éducationnelle qui a polarisé ma méditation sur le phénomène de l'explication matérialisée dans une série d'essais. J'ai repris ici ceux portant sur le discours et le dialogue dans les chapitres C2 et C3. Le deuxième tronçon de mon chemin a cherché une description systémique du phénomène explicatif, partant de mon expérience et d'une vaste littérature. Le chapitre C4 synthétise mes observations sur le monde des sources d'inspiration et des difficultés de modélisation. Les chapitres C5 et C6 contiennent deux des cartes qui ont résulté de la démarche de synthèse, celles décrivant le système et la problématique. Dans le chapitre C7, je dessine la carte du phénomène de l'explication de l'explication, pour mettre en évidence la complexité et la récursivité du sujet. J'y explique aussi l'évolution des essais contenus dans les chapitres C8 et C9.

### **Le besoin des bases théoriques pour la technologie de l'éducation**

Je rappelle (voir la partie A) que j'ai fait des tentatives de description (explication) de l'explication avant d'en commencer l'étude formelle. Les sujets prioritaires avaient été liés à la didactique de l'explication, s'ouvrant progressivement à la phénoménologie du processus explicatif et vers la dimension technique. Je souhaitais lier la sémantique de l'explication à sa manifestation complète qui englobe le fond et la forme, la structure et le processus. Les projets que j'ai proposés comme alternatives lors de l'inscription pour le programme de doctorat (1993) démontrent le spectre large de mes intérêts et de mon désir de synthèse: 1. L'étude de la pathologie de l'explication: comparaison de l'enseignement et de la formation entre la Roumanie et le Canada. 2. L'étude du processus explicatif comme dimension évolutive de son sujet.

En choisissant la deuxième alternative, je me suis dirigé vers la section de technologie éducationnelle, avec l'espoir qu'elle permettrait à l'ingénieur que j'étais d'aider le théoricien à expliciter les intuitions du pédagogue. Je ne soupçonnais pas que ce nouveau cadre produirait une réorientation si importante de mon étude vers la physiologie extérieure de l'explication, en m'éloignant de son noyau sémantique. En partant du système de l'apprentissage, j'ai porté mon attention vers celui de la communication professeur-élève, que j'ai élargi à celui de la composition et de l'utilisation des objets explicatifs, que j'ai étendu encore une fois au système de la production de ces outils, celui de l'utilisation du savoir et celui de l'organisation de l'instruction et que j'ai enfin ouvert à celui des organisations et des sociétés qui vivent de processus explicatifs.

J'ai essayé bien entendu de comprendre la problématique de la technologie éducationnelle, qui voulait faire l'ingénierie du système dont je voulais comprendre la physiologie. Cette ambition soulevait une importante question, celle de savoir si le système instructif n'est pas trop complexe pour être abordé par une ingénierie au sens classique du terme. C'était une question étroitement liée à mon problème de modélisation. Je me suis questionné sur la nature de l'ingénierie de l'instruction ou de l'éducation? Était-ce concevoir des instruments informatiques utiles aux auteurs de cours? Était-ce faire le design de démonstrations synchrones ou asynchrones avec l'aide d'instruments "d'authoring" produits par les informaticiens? Était-ce mettre au point le fonctionnement optimal d'un système complet d'instruction en utilisant les ressources humaines et matérielles disponibles? Était-ce faire des recommandations aux fabricants d'instruments, aux auteurs qui les utilisent ou aux bénéficiaires qui veulent équiper leur centre de formation? Et enfin, je me demandais: Qui doit concevoir quoi en technologie de l'instruction ou de l'éducation?

Je devais mettre en accord ce que j'avais compris par expérience sur l'organisation de l'instruction avec ce que les autres m'expliquaient dans des articles, des cours et lors de dialogues. Une bonne occasion de scruter la question a été le cours dédié aux bases de la technologie éducationnelle qui nous a permis d'analyser les principes et les méthodes de ce jeune domaine. Nous avons été invités à définir la technologie de l'éducation à la fin de ce cours. J'ai fondé ma définition sur l'introspection de mon expérience dans l'organisation de la formation (voir le chapitre A6). J'avais travaillé par logique, par inspiration, par adaptation au contexte et par accumulation progressive d'expériences, sans appliquer des formules, des méthodes ou des paradigmes systématisés. J'ai exploré rétroactivement l'hypothèse qu'une discipline m'aurait offert un guide précis d'action, en arrivant à cette définition en trois points.

### *Une définition de la technologie de l'éducation*

1. Pour l'instruction (l'éducation, la performance etc) qui peut faire le sujet de la technologie, nous supposons les définitions courantes 2. La Technologie (de  $x$ ) est le domaine d'étude théorique et d'activité pratique destiné à orienter, respectivement à réaliser le design des systèmes (voués à  $x$ ) en vue de leur optimisation. Elle utilise une vision systémique généralisée, en élargissant la recherche de l'optimisation sur toutes les dimensions qui la conditionnent. Ainsi le design opère autant dans la détermination des buts que dans le choix et la conception des instruments. La technologie respecte les principes généraux de la science (caractère systématique, vérification de la pertinence des modèles, appel à la mesure, etc.) et s'efforce de les rendre opérationnels, de manière efficace et reproductible. 3. La variable  $x$  de la définition générale peut prendre (parmi d'autres valeurs traditionnelles) les valeurs:  $x$  = " l'instruction ", si une technologie de l'instruction existe;  $x$  = " l'éducation ", si une technologie de l'éducation existe;  $x$  = " la performance ", si

une technologie de la performance existe. Dans ce cas, le sens de l'expression "technologie de l'éducation" découlera de la définition générale.

Cette définition, de facture polémique, repousse la tentative de définir la technologie éducationnelle par la fusion de ses manifestations concrètes, selon une formule "maison". Partant du rapport classique entre la théorie du fonctionnement des systèmes physiques, la pratique de l'intervention humaine sur ces systèmes et la théorie de cette intervention, je demande à la définition de la "technologie de l'instruction" d'être une particularisation pour les systèmes d'instruction de la définition générale de la technologie. Le but de cette approche n'est pas seulement de respecter la cohérence interdisciplinaire mais surtout d'exposer la technologie de l'instruction aux critères rigoureux que toute technologie devrait satisfaire. Cet exercice est nécessaire pour juger si les prétentions de l'ingénierie éducative sont valides ou si elles ne représentent que des vœux d'émancipation mobilisateurs.

En pratique, le technologue de l'instruction qui n'est pas aussi un pédagogue, doit assister les experts en sémantique avec des instruments de travail ou de coordination. Aussi longtemps que les instruments ont été assez simples (livres, téléviseur, etc.) le rôle du technologue était limité: faire la synthèse des instruments disponibles et de leurs caractéristiques, organiser et propager les recommandations des experts qui ont déjà utilisé certains instruments pour expliquer, conseiller le bénéficiaire d'un système explicatif, intégrer les nouveaux instruments, expliquer leur mode d'emploi. Mais quand il s'agit d'équiper et d'organiser des systèmes d'instruction complexes, les besoins d'ingénierie de système s'amplifient; il faut planifier, surveiller le développement, observer la fiabilité, la flexibilité, l'économie, c'est-à-dire qu'il faut passer à une ingénierie de l'exploitation systémique des ressources instructives. Nous arrivons ainsi à une *ingénierie des systèmes d'instruction* que nous nommons *ingénierie d'instruction par abus de langage*, car l'acte de l'ingénieur reste extérieur à la sémantique de l'explication. En télévision, en édition, en cinématographie, les techniciens coopèrent avec les auteurs des programmes, des publications ou des films sans essayer de les remplacer. Mais la coopération des experts qui gravitent autour du système d'instruction (le gestionnaire, le technologue, le formateur, etc.) produit souvent des collisions, des immixtions et des confusions, car les rôles des acteurs ne sont pas clairs.

La question: "Quel est le rôle du technologue de l'instruction?" est liée à celle sur le rôle de la technologie éducationnelle. Il y a ici une tension souterraine. L'ingénieur des systèmes instructifs devrait faciliter la relation entre un auteur d'explication et un fabricant d'instruments d'authoring. Mais sa position d'intégrateur est fragile, vulnérable. Le "développeur" (l'informaticien) ne se limite plus à la conception matérielle des outils, mais essaie de produire des instruments à potentiel instructif. Quand au lieu d'un "authoring tool"

nous avons affaire à un “ learning tool ” conçu directement par des informaticiens, même le pédagogue se trouve “hors-jeu”. Des domaines comme l'EAO et le STI montrent la tendance vers la coopération directe entre le fabricant d'un instrument et l'auteur qui l'utilisera. Ce rapprochement pourrait laisser le technologue hors de cette relation et sans son rôle normal.

Celui-ci peut “ contre-attaquer ” en se lançant dans la pédagogie avec les nouveaux instruments, au lieu de s'occuper de leur conception et de leur intégration dans les systèmes d'instruction. Pressés par les informaticiens, mis en difficulté par la complexité du système qu'ils doivent organiser, contaminés par l'éducation, certains technologues essaient de redéfinir leur position comme une expertise de valorisation pédagogique du potentiel explicatif des instruments. On voit cette tendance, par exemple, dans les débats qui ont eu lieu ces dernières années dans des revues de technologie éducationnelle comme ETR&D, sur le sujet “ média ou méthode ”. L'accent mis sur la “ méthode ” est intéressant quand il vise une capacité explicative typique, potentielle. Mais quand il se propose l'élaboration des méthodologies de traitement des sujets particuliers, la confusion entre l'ingénierie sémantique et instrumentale de l'explication est inquiétante. Poussés par les informaticiens qui agissent en technologues d'instruction, ceux-ci vont-ils se réfugier en pédagogie?

En ce qui me concerne, je ne crois pas que l'ingénieur des systèmes d'instruction doit se lancer dans une ingénierie sémantique, mais il serait souhaitable qu'il définisse une technologie hybride qui l'aiderait à se placer entre les instruments et les méthodes, entre les fabricants et les utilisateurs. Mon expérience plaide pour laisser aux pédagogues leur rôle de *générateurs d'explications*. Je soutiens le besoin d'un équilibre entre les sources d'explication et l'industrie de leur reproduction, car je n'aimerais pas un univers explicatif appauvri, composé de quelques sources créatives diffusées par un énorme échafaudage de multiplication... Au fond, le constructivisme (cognitivism) plaide aussi pour le recours aux enseignants, les seuls à pouvoir adapter sur place les explications aux besoins de l'apprenant. Le pédagogue ne fait pas seulement la propagation des connaissances, mais il les enrichit. Nous ne devons pas détruire la nappe phréatique créative des enseignants, en la remplaçant avec une poignée de sources sur diffusées, “ enrichies ” par des “ machines explicatives ”. On ne va pas écrire des poèmes à la place des poètes, en prétextant qu'on les équipe avec des nouveaux stylos...

Le technologue doit assister le pédagogue dans l'utilisation de la technologie et dans son rapport avec les fabricants d'instruments. Cela suppose un langage de dialogue, un dénominateur commun. Dispose-t-on aujourd'hui un tel langage? Comment un auteur pourrait traduire une demande formulée initialement dans des termes didactiques, dans des spécifications utilisables pour un fabricant d'instruments explicatifs? Qui



devrait concevoir ce langage de communication, intelligible des deux côtés, qui devrait établir la carte des situations explicatives typiques, qui devrait concevoir le menu sur la base duquel le client fait la demande d'instruments et le fabricant l'exécute? Serait-il possible de passer de l'assistance du pédagogue dans l'utilisation des instruments déjà conçus à l'assistance de la paire pédagogue-fabricant dans sa démarche de synthèse des instruments? Voilà une question qui pourrait, selon moi, accélérer la maturation de la technologie de l'éducation.

Un tel objectif exige l'établissement d'une granulation appropriée pour la description du processus explicatif, une combinaison subtile des dimensions sémantiques et physiques des processus. Par exemple, le fabricant devrait saisir aisément dans les spécifications le fait qu'on a besoin à certains moments d'afficher un graphique préparé, pour le commenter oralement en "pointant du doigt" et le fait qu'on veuille être capable de revoir la séquence générée ad hoc, à la base d'un enregistrement. Il devrait en tirer les conséquences sans avoir besoin de savoir quelles notions sont présentées à cet endroit de la leçon et pourquoi. Cela réclame un "alphabet" de gestes et de situations de composition et d'utilisation et une estimation des coûts impliqués pour créer chaque nouvelle potentialité physiologique. Cet alphabet devrait être "complet", c'est-à-dire qu'il devrait permettre la composition des chaînes explicatives complexes. L'établissement du "spectre physiologique" caractéristique à chaque instrument (système d'instruments, type de situation explicative) serait une base théorique solide pour la technologie de l'explication.

### **Vers une ingénierie du processus explicatif**

Il y a trois axes problématiques étroitement liés dans la technologie de l'instruction:

- a la production des instruments pour l'instruction (ingénierie de fabrication);
- b- l'organisation optimale des systèmes d'instruction (ingénierie de système);
- c- la réalisation de l'instruction à l'aide des instruments (ingénierie pédagogique).

Sur l'axe a, *l'ingénieur fabricant d'instruments destinés à l'explication* se pose des questions comme:

"Comment le fabricant F peut-il produire un instrument d'authoring I (avec lequel l'auteur A puisse produire le didacticiel D avec lequel le professeur P puisse expliquer le sujet S dans le contexte C à un élève E avec l'objectif O sollicité par un bénéficiaire B)? C'est la question du fabricant visant une utilité précise et univoque.

"Comment le fabricant peut-il produire un système d'instruments d'authoring avec lequel plusieurs auteurs (connus ou présumés) puissent produire un ensemble de didacticiels avec lesquels des professeurs (connus ou présumés) puissent expliquer un ensemble de sujets (connus ou présumés) à un ensemble d'élèves

(connus ou présumés) dans un ensemble de contextes (connus ou présumés), pour atteindre un ensemble de performances (connus ou présumés) à la sollicitation d'un ensemble de bénéficiaires (connus ou présumés)?" C'est la question du fabricant visant une utilité large et potentielle.

Sur l'axe b, *l'ingénieur d'un système d'instruction* a une tâche difficile. Il se demande:

“ Comment dois-je organiser le développement du système d'instruction F de la manière que le professeur P, l'auteur A, le fabricant F, l'élève E et le bénéficiaire B distribuent leurs rôles pour réaliser un instrument I avec lequel on obtient le didacticiel D, avec lequel on explique le sujet S pour atteindre ainsi l'objectif O dans le contexte C? ” C'est la question de l'organisateur du système.

Ce technologue devrait aussi répondre à la question de l'organisation optimale du système d'instruction dans des conditions plus complexes: plusieurs élèves, plusieurs sujets à expliquer, plusieurs objectifs, plusieurs contextes, plusieurs bénéficiaires, plusieurs professeurs, plusieurs leçons à composer et à utiliser, plusieurs instruments à utiliser et fabriquer. Les choses se compliquent encore plus si une partie des données sont vagues, hypothétiques ou inconnues. Il devra préparer les systèmes pour l'accroissement prévisible des nécessités actuelles. Il devra prévoir des mécanismes d'adaptation continue pour faire face à la variation inévitable de certains éléments. En plus, il devra chercher l'optimisation et veiller à ce que le coût des efforts d'amélioration ne dépassent pas les gains.

Sur l'axe c, en se plaçant en position d'ingénieurs sémantiques ( concepteurs de méthodes d'explication) les *ingénieurs de l'instruction*, redécouvrant la problématique didactique, se demandent:

“ Comment peut-il le professeur P utiliser le didacticiel D conçu par l'auteur A avec l'instrument d'authoring I produit par le fabricant F pour expliquer le sujet S à un élève E (dans le contexte C et avec l'objectif O sollicité par un bénéficiaire B)? ” C'est la question du pédagogue enseignant ou formateur.

“ Comment utilise-t-il l'auteur A un instrument I produit par un fabricant F pour concevoir le didacticiel D avec lequel le professeur P peut expliquer le sujet S à un élève E dans le contexte C et avec l'objectif O sollicité par un bénéficiaire B ? ” C'est la question du pédagogue auteur.

Les paradoxes de ces questions sont qu'ils réclament à la fois une approche spécialisée et globale. Ainsi l'ingénieur spécialisé dans la production des instruments doit comprendre la position de ceux qui les utiliseront (les ingénieurs sémantiques) et de ceux qui les intégreront dans le système explicatif (les ingénieurs de système). Les produits envisagés par le fabricant doivent avoir un potentiel élevé d'utilisation explicative et d'intégration dans le système explicatif. Les objets d'instruction que les auteurs doivent être à même de produire aisément en utilisant les instruments “d'authoring” sont multidimensionnels. Chaque “connaissance” emmagasinée dans l'ordinateur a une dimension “ sémantique ” (le sens, la position sur “ la

carte ” des sujets), une dimension “ sensorielle ” (la forme perçue par le récepteur humain) et une dimension “ matérielle ” (le support physique). L’explication se fait grâce à un objet qui porte un message ayant un sens.

Nous pouvons observer les tendances de réduction auxquelles conduit “ la spécialisation ” des auteurs. Les informaticiens insistent sur le volet “ matériel ”, parlent de fichiers, de mémoire, de base de données et proposent un design centré sur la programmation. Les ingénieurs d’interface insistent sur le volet “ perceptif ”, se concentrent sur la forme de présentation et parlent de “ films ”, de “ sons ”, de “scénario cinématographique”. Les experts d’une discipline se concentrent sur la matière et la pédagogie, parlent de notions, d’explications, de chapitres, d’applications, de problèmes et s’orientent vers un design didactique. Un élément produit avec l’outil de composition est, selon le point de vue adopté, “ un fichier gif ”, “ une image couleur ”, ou “ un exemple de fleur ”! Respectant l’unité des éléments explicatifs (le support, la forme et la signification) “l’authoring” suppose à la fois de manipuler des objets, de mettre en scène des présentations et de réaliser des leçons. Ainsi le fabricant doit concevoir l’outil pour faciliter une activité tridimensionnelle.

### **La complexité étudiée à travers une étude de cas**

Le problème de “ l’ingénierie des didacticiels ” me semblait bien plus difficile que certains auteurs ne le laissent entendre dans des articles sur l’enseignement assisté par ordinateur. Pour critiquer cette désinvolture, j’ai imaginé une étude de cas, qui voulait mettre en évidence le vrai degré de complexité du problème de “ l’authoring ” des didacticiels. Voilà un extrait de cet essai, rédigé en 1994 et actualisé, que je considère encore très expressif comme image du problème extrêmement complexe que les ingénieurs des outils d’instruction doivent résoudre :

Une des façons de saisir la complexité du design de l’assistance explicative, c’est l’étude (sommaire) d’un cas non- banal. Prenons l’exemple de l’assistance qu’un fabricant devrait offrir à un concepteur de didacticiels qui veut utiliser pour la composition l’instrument “ d’authoring ” proposé par le fabricant. Il doit expliquer à l’auteur, à l’aide du système “ d’authoring ” l’art d’expliquer quelque chose à un autre, avec ce même système. Nous retrouvons alors la problématique récursive de la formation des formateurs.

Il doit d’abord établir le système des activités de l’auteur: les objets qu’il utilise, les objets qu’il produit, les processus où il sera impliqué et les performances qu’il devra atteindre. Le monde de son intervention est complexe car il doit jouer entre l’univers du domaine particulier qui doit être expliqué, l’univers du

didacticiel qui l'explique et le monde de l'environnement de design utilisable. Quand toutes les étapes de la production d'un didacticiel (de plusieurs, d'une gamme) sont clarifiées, le fabricant doit se demander quel est le savoir nécessaire à l'auteur. Qu'est-ce qu'il doit apprendre avant la production, qu'est-ce qu'il peut apprendre par documentation en ligne, qu'est-ce qu'il sait dès le départ, qu'est-ce qu'il pourra acquérir par expérience? Il doit bâtir une politique optimale pour l'acquisition des connaissances, permettre le choix des moyens d'assistance et former l'auteur de manière à pouvoir utiliser cette flexibilité. La formule du didacticiel conçu pour l'auteur sera également un test de ces possibilités.

Pour passer à l'ingénierie sémantique, le fabricant doit traduire le curriculum établi dans des termes cognitifs. Qu'est-ce que l'acquisition de chaque connaissance suppose comme processus cognitif? Quelles sont les difficultés spécifiques et les “prothèses cognitives” possibles? Il établira pour chaque morceau du curriculum le scénario de son acquisition en étroite relation avec les capacités psychologiques et les possibilités offertes par l'outil I. Puis, il passera à l'intégration de tous ces éléments dans des chaînes explicatives. Il sera probablement obligé de revenir aux étapes précédentes. Il doit aussi prévoir des solutions pour les “dispersions cognitives” car il s'adresse à plusieurs auteurs qui composeront des didacticiels différents, de manière différente. Il y aura un “spectre de variation” du rituel explicatif à définir et pour lequel il faut prévoir des solutions alternatives, des moyens d'adaptation. Puis il doit résoudre les problèmes “auxiliaires”. Comment mesurer et évaluer l'acquisition des connaissances? Comment gérer au niveau de “l'interface—usager” la synchronisation entre les acteurs? Quelles sont les utilités supplémentaires offertes (dictionnaire, problèmes, jeux, etc.)?

Supposons maintenant le scénario sémantique terminé. En passant à la composition des messages concrets, le fabricant qui compose le guide d'utilisation de l'outil de composition doit repasser toute l'explication par le filtre sémiotique (communicationnel), opérant aussi des rajustements du niveau sémantique au moment où les messages sont concrétisés. Il doit revenir à plusieurs reprises aux étapes précédentes pour les raffiner et les intégrer. Il pourra tirer les conclusions de cette expérience de composition et opérer les modifications opportunes sur l'outil “d'authoring”. A cette occasion il vérifiera la capacité, très importante, de son outil d'accepter facilement des modifications.

Concevoir une méthodologie scientifique de design pour les didacticiels, ce serait transformer un processus comme celui décrit plus haut en une série d'opérations définies avec précision. On n'en est pas encore là.

## Un séminaire de lecture et une série d'essais

Avec ce genre de préoccupations, j'ai abordé à partir de 1993, à l'occasion d'un séminaire de lecture que j'ai suivi pendant neuf mois, la littérature qui décrivait d'une façon ou d'une autre le processus de l'explication, dans l'espoir de trouver la clef de la " décomposition spectrale " de l'univers des processus explicatifs assistés par des instruments. J'ai commencé une vaste analyse bibliographique (que j'ai continuée pendant six ans) en essayant d'harmoniser mes observations directes sur l'explication avec les observations des autres. J'ai voulu comprendre le métabolisme global du système à l'intérieur duquel opérerait ma thèse de doctorat. J'ai voulu en venir à une vision d'ensemble qui englobe toutes les dimensions sur lesquelles l'acte de l'instruction se déroule et en conséquence son optimisation. J'ai voulu expérimenter à cette occasion la posture de quelqu'un qui veut se former une base documentaire. J'avais même l'espoir de déduire de cette expérimentation des règles d'organisation d'un environnement d'assistance documentaire et de bâtir une base de connaissances bibliographiques sur l'explication. Mais la complexité du système à analyser, la dynamique des nouveautés forment une explosion informationnelle qui soulève de sérieuses questions quand à la capacité d'un individu de tenir à jour une synthèse.

J'ai essayé de répondre à cette situation en remplaçant les analyses bibliographiques (par livre) par des essais de synthèse (par aspects essentiels). Ainsi est apparue l'idée de la description par une superposition d'essais que j'ai repris vers la fin de la thèse. D'ailleurs les dix essais que j'ai rédigé à la fin du séminaire de lecture m'ont orienté pendant toute la recherche. Je les ai modifiés continuellement et je les ai englobés dans les rapports des autres étapes. Ils sont diffusés partout dans la version finale de la thèse.

J'ai aussi composé, en utilisant des fragments de ces essais, deux synthèses qui suivront ce chapitre, car je les considère essentiels pour illustrer ma vision sur l'explication et sa description. Le premier essai (chapitre C2) est dédié à la *physiologie du discours explicatif*, mettant l'accent sur le déroulement du processus de compréhension et de composition. Il décrit la synchronisation des deux rapports individu- sujet. Le deuxième essai (chapitre C3) est dédié à la *physiologie de la communication explicative*, mettant l'accent sur la résonance bipolaire qui sous-tend l'explication. Il décrit le rapport individu- individu, polarisé par le partage d'un sujet.

## Chapitre C2: Essai sur la physiologie du discours :

- la structure et le processus, le curriculum et le discours, la sérialité et le parallélisme, la stéréo-présentation-

### La vision systémique sur le curriculum, le discours et l'explication

La perception de l'unité systémique a marqué profondément la science moderne. La théorie des systèmes en fait l'étude abstraite. Un système n'est pas une juxtaposition de "parties". Le comportement de l'ensemble est le résultat global des liens existants. A tout moment le système se trouve dans un "état" qui évolue à la suite des excitations extérieures et de la situation interne. Dans la vie du système, les structures et les processus se conditionnent réciproquement. Dans une optique déterministe, les processus sont déductibles. En négligeant la dimension probabiliste, la finalité et le libre arbitre et en mettant l'accent sur la chaîne cause- effet, le comportement serait implicite, une fois la structure connue.

La science veut déduire le comportement de manière explicite, veut expliquer la physiologie en partant de la morphologie. Le type d'explication visée par l'épistémologie répond au "pourquoi?". Elle est "déductive-nomologique" puisqu'on part des hypothèses et des lois ("explanans") et on déduit les conclusions ("explanandum"). L'explication peut aussi être "statistique-probabilistique". Mais l'explication "descriptive-pragmatique", si souvent utilisée par les hommes pour partager le sens des choses, n'est pas considérée en épistémologie, parce qu'elle répond directement seulement au "quoi?", "comment?" et "quand?". C'est l'erreur de l'orgueilleux, car décrire un système complexe et son comportement, c'est aussi transmettre une argumentation implicite, induite partiellement : l'explanandum et l'explanans sont déjà infusés dans la description! Le "pourquoi?" sera peut être explicité mieux, plus tard. Le mépris pour l'explication pragmatique exprime l'ambition vaine de séparer des causes séparables là où il n'y a qu'échafaudage complexe et unitaire d'interférences.

Si on traduit la structure systémique dans un modèle quantitatif, on obtient un "système d'équations" qui l'exprime. Chaque équation reflète une propriété d'un élément ou d'un lien, une loi du système. Une fois le "système d'équations" établi, des problèmes peuvent être posés. Il reste maintenant à les résoudre. Pour cela on dispose parfois de méthodes globales qui offrent une solution sans qu'on puisse préciser l'influence individuelle de chaque composante (partie ou lien) sur la solution. Une telle localisation est impossible, car ce qui se passe est l'effet de la combinaison. L'étude de l'oxygène et de l'hydrogène n'est pas suffisante pour décrire l'eau. Il y a encore des gens qui s'achament, selon la bonne tradition "linéaire", de résoudre un système d'équations en découvrant les inconnues, une après l'autre... Le mathématicien sait que la solution globale est la seule possible, que l'ensemble détermine sa propre évolution.

Si on applique les principes généraux dans l'étude des systèmes d'instruction, on affronte des problèmes très complexes. Les éléments qui interviennent sont nombreux, hybrides, instables et difficiles à mesurer. Les "lois" (dans le sens des sciences exactes) ne sont pas disponibles. Les paramètres sont ambigus. Les "équations" ne peuvent pas être formulées. Dans de telles circonstances, la méthodologie de l'approche ne peut pas être mathématique, complète, optimale, exacte. Mais, au-delà des difficultés d'un traitement quantitatif, il y a des principes systémiques qualitatifs qui opèrent.

Le fait de saisir que le disciple et le maître (humain ou artificiel) forment un système nous aide à éviter les réductions. À chaque moment, ce qui se passe est le résultat de la "réaction", de la résonance, de la co-action. On ne peut pas comprendre, estimer ou préparer une "molécule éducative" en observant isolément les "atomes". On doit analyser son métabolisme global. On tiendra aussi compte de tous les éléments qui influencent le système (cadre extérieur, etc.).

Les acteurs et les sujets de l'explication ont aussi des essences systémiques, des métabolismes internes. Ils représentent des unités qui sont plus que la somme de leur parties, des "molécules" qui sont plus que le mélange de leurs atomes. Un homme n'est pas la somme de ses connaissances. Un savoir n'est pas réductible à une juxtaposition de "briques d'information" car entre les éléments qui le composent, il y a des relations, des influences et des réactions.

Considérons donc la transmission d'un savoir système, complexe, organiquement unitaire. Il pourrait s'agir de "comment conduire une automobile", "comment fonctionne une automobile", "comment on dépanne une automobile", etc. Chaque partie du sujet a son "contenu", son état, ses dimensions, sa position dans le système global des notions. Chaque lien entre les parties a ses caractéristiques. La structure est plastique, vague, fluide. Le métabolisme de l'ensemble des notions est déterminé par les composantes, par les liens, par les influences externes, par l'inertie, par "la topologie évolutive" du système conceptuel. Comment peut-on reproduire une telle morphologie?

Si on tient compte du fait que la construction se fait dans l'espace du savoir de l'apprenant, que le sujet doit se développer autour de ses connaissances préalables sous la pression de sa motivation et en fonction de ses caractéristiques intellectuelles, le problème se complique encore. Comment l'apprenant bâtit-il un nouveau savoir? Comment arrive-t-il à construire le nouveau concept-système, du moment qu'il doit procéder par étapes (tranches), qu'il doit ajouter successivement des éléments, tandis que l'ensemble final est cohérent dans son unité globale?

## **La modularisation et la recomposition; le curriculum et le discours; l'analyse et la synthèse**

Pour comprendre, manipuler ou construire des systèmes complexes, l'expérience humaine a exploité l'idée salutaire de la modularisation. On décompose le système dans des sous-systèmes (parties) qu'on analyse séparément. On étudie le " couplage " (relations, dépendances) entre les sous-systèmes. Le processus continue de manière réursive et établit une " hiérarchie " structurelle. Cette procédure fondamentale pour la gestion de la complexité répond à une nécessité et établit un compromis entre la précision et la mise en pratique. Il est d'autant plus efficace qu'il est naturel.

Le succès de la modularisation dépend de plusieurs facteurs :

- La pertinence : les parties de la décomposition ont une unité fonctionnelle ; elles ne représentent pas un groupage arbitraire. (L'organisme est divisé en organes, les organes en tissus, les tissus en cellules, les cellules en molécules, les molécules en atomes). Pour un savoir, la pertinence de la décomposition, même relative, est très importante.

- La " séparabilité " : les parties qu'on isole doivent pouvoir être étudiées séparément ou, pour le moins, l'influence des autres parties doit être facilement estimable. On ne va pas séparer une partie dont le fonctionnement est influencé par une multitude de mécanismes extérieurs dans une multitude de " points de contact ". Pour la décomposition d'un savoir complexe, les modules devraient être compréhensibles sans trop de " références croisées ".

- La flexibilité : des modifications raisonnables permettent d'accommoder les petits changements de l'ensemble. Si, par exemple, le curriculum évolue, il est préférable que les modifications nécessaires opèrent au niveau de chaque partie, sans entraîner une révision de la structure globale.

Dans la technologie actuelle, ces critères sont devenus des normes. On a renoncé aux appareils électroniques à un seul bloc et on a passé au design " par modules ", car le contrôle du monobloc était difficile. On travaille mieux avec des " modules " (parties) dont on connaît les fonctions extérieures (des " boîtes noires "). L'industrie du software connaît la même réorganisation ( " programmation par objets " ).

Si on essaie de transposer cette technique dans l'ingénierie du savoir, on constate des particularités et des limites. Un aspect important est la relation dialectique entre la décomposition qui tient de la logique interne du sujet et la décomposition pédagogique. Il y a une différence entre la structure du sujet organisé progressivement par une science et l'évolution du même sujet dans une conscience.

La notion de " sujet " nous place d'ailleurs en pleine ubiquité! De quel objet parle-t-on? Du savoir de l'apprenant, du savoir de l'éducateur ou du savoir abstrait et partagé enregistré dans la science? Une analogie possible serait celle de la perception des couleurs. On peut parler de la couleur comme sensation d'un



récepteur. Mais on sait que cette réaction subjective, heureusement similaire pour la majorité des gens, est provoquée par la distribution spectrale des rayons électromagnétiques visibles. On peut parler de “ couleur externe ” qui est cause et de couleur “ interne ” qui est effet.

Les cognitivistes insistent sur le volet intérieur du sujet comme vrai but de l'éducation. Les behavioristes se baseront sur la forme extérieure pour objectiver et synchroniser le savoir. Continuons dans l'hypothèse de la simultanéité de ces dimensions. Au lieu de forcer une organisation unique, nous devons accepter que les décompositions scientifique et pédagogique aient chacune leur sens et leurs formules et qu'elles se complètent.

Pendant l'apprentissage, la construction des connaissances se fait dans l'espace intellectuel de l'apprenant. Il n'est pas opportun de lui proposer des solutions correctes mais artificielles du point de vue cognitif. Sur une plaque électronique, on peut monter toutes les pièces nécessaires et établir seulement à la fin les liens qui les englobent. Sur la “ plaque cérébrale ”, de telles constructions ne sont pas possibles! Le savoir interne s'établit progressivement, chaque étape doit être acceptable pour l'apprenant. On ne peut pas lui demander d'attendre la compréhension finale, d'un seul coup! Pour l'explication d'un sujet, nous devons trouver une décomposition non seulement plausible, séparable et flexible mais aussi *accessible*, car le but de la décomposition est d'assurer la reconstruction du sujet par compréhension et apprentissage. Le “ filtre de réception des informations ” avec ses capacités limitées produit des restrictions qui déterminent la stratégie du discours.

Le rapport entre le curriculum et le discours est plus compliqué qu'on le reconnaît d'habitude. Le discours est un traitement sériel spécial d'un sujet, qui peut refaire une structure conceptuelle parallèle, qui régénère éventuellement un curriculum mais qui utilise un filtre d'organisation spécifique à son propre contenu. Il combine des informations-buts avec des éléments nécessaires pour assurer la compréhension facile et progressive, il contient des détails utilisés de manière transitoire qui ne se retrouvent plus dans le concept stabilisé! Le discours raffiné ne s'établit pas par simple concaténation des parties d'un curriculum décomposé. La lecture (l'écoute) déclenche un processus cognitif spécifique qui dépend de manière très fine de la composition du discours. Plusieurs plaidoyers expliquant un même sujet peuvent nous offrir par intégration une vision dense de lui.

Le “ curriculum ” est une abstraction utile pour la science, c'est un dénominateur commun entre plusieurs discours qui pourraient traiter un sujet. D'habitude, le discours qu'on appelle “ curriculum ” est organisé selon une logique plus près de l'essence du sujet en soi. Il est expliqué aux apprenants avec des discours secondaires qui en appellent à la rhétorique pédagogique.

Ayant sa propre structure, le discours pédagogique peut faire l'objet d'une analyse à part et parfois cette opération est intéressante. Par exemple un apprenant peut au début suivre synchroniquement une présentation, dans son rythme naturel et puis, l'explorer librement de manière asynchrone. Cette possibilité de “ dissection ” du transitoire, fait la force du message écrit.

Pour comprendre (apprendre) un sujet complexe, l'apprenant doit combiner l'analyse (décomposer pour arriver à des “ granules comestibles ”) et la synthèse (refaire l'unité de l'ensemble avec les “ cellules ” comprises), dans un cycle en spirale. On ne peut pas décomposer tout au début, apprendre chaque partie et assembler à la fin. A chaque moment l'apprenant développe une image interne partielle mais cohérente en ajoutant synthétiquement les nouveaux atomes qu'il extrait par analyse. On est habitué à cette performance, mais elle est tout à fait remarquable! Si on accepte que le savoir-complexe est un système et non pas un ensemble de savoirs-parties, on doit reconnaître que le mécanisme de l'analyse-transmission-synthèse est très subtil. On peut préciser le moment de la transmission de chaque partie mais quand a-t-on transmis les liens qui recomposent l'unité systémique? Si la réponse est “ jamais ”, on arrive à la conclusion que le métabolisme de l'ensemble apparaît automatiquement par la rencontre de ses éléments, comme une réaction chimique. Mais la théorie et l'expérience pédagogique suggèrent plutôt qu'il y a une infusion continue, parfois explicite, “ d'énergie de synthèse ” qui soutient l'évolution permanente du modèle mental.

Quoique l'analyse et la synthèse interfèrent inextricablement dans le processus de reconstitution d'un savoir, leur pondération n'est pas symétrique. Quand la synthèse suit de près l'analyse, elle est plus facile à gérer. Mais en général il est plus difficile de former un système par intégration que de le décomposer. Le professeur doit comprendre la position délicate de l'élève. Le découpage d'un “ puzzle ” et sa restauration ont des niveaux différents de difficulté. Il n'est pas surprenant que les “ environnements d'aide à l'apprentissage ” soient généralement axés sur l'analyse. La synthèse est compliquée, relative, ouverte, créatrice, difficile à instrumenter.

Comment assister quelqu'un qui est en train de construire un savoir-système ? On peut l'aider certainement (pour refaire un puzzle, la consultation de l'image initiale s'avère très utile). Mais quelles sont les règles de l'aide? Pour les trouver, il faut bien comprendre la physiologie de l'explication.

### **L'évolution du savoir entre le parallélisme et la sérialité**

Le savoir intérieur ou le savoir extérieur prennent forme par accumulation successive, par évolution. *Un système de connaissances n'est pas la somme de ses parties, mais le résultat de ses transformations, la dernière étape de son histoire.* Dans ces conditions il est naturel de se demander si la reconstitution d'un

savoir doit se faire par la concaténation des parties considérées dans leur forme finale ou par “ croissance ” suivant une évolution à partir d'un “ embryon ”.

Le sujet extérieur (le curriculum) a connu une évolution, une transformation. Peut-on négliger son histoire si on veut l'expliquer? On a toutes les raisons d'en douter parce que les idées ont une dimension temporelle. Elles ne sont pas réductibles à leur forme présente. L'observation présente d'un sujet ne suffit pas toujours pour le comprendre et peut-être même pas pour le définir complètement! L'histoire des sciences participe à leur signification et imprègne leur métabolisme actuel.

L'évolution d'un savoir “ interne ” (vivant dans la cognition d'une personne) a une autre physiologie. L'histoire des préalables compte toujours (la dimension intégrative) mais le régime transitoire (la dimension dynamique) devient essentiel. Si apprendre consiste à faire croître un savoir interne et non pas à calquer le savoir extérieur, le discours pédagogique devra suivre une logique transitoire. La recomposition visera une histoire accélérée. A chaque moment, l'apprenant développe sa connaissance-système évolutive. Il faut tenir compte pour l'aider à la recomposition de la dimension temporelle, de *l'ordre de l'enchaînement* et de la capacité cognitive momentanée de traitement.

Pour décrire le savoir extérieur ou le savoir intérieur en évolution, on peut parler des systèmes de connaissances concernant les notions et les relations entre elles, etc. La granulation du curriculum opère dans l'espace (une décomposition en parties) mais la transmission des granules se fait dans le temps. Il s'agit d'une “ sérialisation ” des informations parallèles. Le récepteur doit pouvoir capter les éléments de la série et les réintégrer dans une structure. Si on se place entre l'apprenant et son partenaire et qu'on applique une section imaginaire dans le “ canal de communication ” qui les lie, la “ surface ” sera traversée par des “ signaux ” ou des “ messages ”. La séquence des notions découpées du curriculum qui est aménagée pour être transmise forme une sérialité-cause. Le “ film ” de l'évolution interne du savoir enregistre une sérialité-effet. Dans le langage des télécommunications, un signal (message) émis provoque un signal (message) reçu. Au-dessous de ça, une structure engendre une autre structure, au cours d'un processus. Le savoir-système se multiplie par décomposition-recomposition.

La construction du savoir est facilitée si à tout moment l'ensemble des notions assimilées est compréhensible et l'ajout s'encadre de manière cohérente dans le système déjà existant. L'apprenant doit avoir une attention distributive pour percevoir le détail qui s'ajoute (et sur lequel son attention est focalisée) et en même temps l'ensemble où ce détail s'intègre. Il doit ne pas perdre de vue la simultanéité des éléments qui donne le sens du système pendant qu'il suit l'alternance explicative.

Les études psychologiques démontrent que, pour réaliser cette performance, l'apprenant met en action des stratégies de coordination spécifiques, exploite des mécanismes propres à sa pensée qui sont plus ou moins performants. Un exemple suggestif au niveau de la perception est l'organisation de la vue. La tache jaune permet la vision précise des détails “ balayés ” par l'attention tandis que le reste de la rétine surveille le fond. À tout moment, les deux visions coexistent et interagissent. Le jeu “ global-détail ” a des racines profondes. Au niveau de la mémoire, les modifications sont opérées par des mécanismes encore peu connus, mais en tout cas capables d'intégrer la simultanéité et la succession. La “ mémoire à court terme ” ou la “ mémoire de travail ” contribueraient à cette dualité.

Nous retrouvons ainsi un problème pédagogique classique: dans quel ordre faut-il transmettre les éléments du savoir extérieur décomposé pour faciliter la recombinaison intérieure? Si le savoir à apprendre permet une décomposition linéaire, la solution est relativement simple; on transmettra les morceaux, l'un après l'autre, en livrant à chaque étape le contenu d'une partie et les liens pour l'englober dans l'ensemble déjà appris. Mais si le savoir-système n'est pas linéaire ou recomposable linéairement, on est obligé de trouver d'autres solutions. On pourrait revenir sur nos pas pour compléter ou modifier des descriptions faites antérieurement, révéler à posteriori des significations, présenter des variantes et de nouvelles interprétations.

Il est assez rare que la structure d'une connaissance déclarative soit linéaire. Les notions forment pour le moins une hiérarchie. Pour présenter une structure arborescente, nous sommes obligés à des ramifications. On suit une branche, on revient pour suivre l'autre. Quand les “ nœuds ” sont liés par de multiples liens, les boucles apparaissent et la topologie devient celle d'un réseau. Pour les connaissances procédurales, seulement les cas simples sont solubles par une approche en cascade (“ étape après étape ”). On rencontre souvent des branchements (des alternatives) ou des itérations (on reprend des opérations). Pour les connaissances démonstratives (des explications sur des liens de causalité), le mécanisme linéaire reflète les cascades “ cause et effet ”. Si par rétroaction, l'effet agit sur les causes (réaction), on se trouve déjà en face de la boucle. Les structures de cascade, de ramification et de boucle, sont des vrais “ briques ” pour le design explicatif. Si la réalité n'est pas linéaire, on applique des procédures de “ linéarisation ”, car l'argumentation en cascade présente l'avantage d'être opérationnelle. Elle est un outil épistémologique et pédagogique important, mais elle n'est pas suffisante pour l'explication des processus complexes.

Prenons l'exemple élémentaire d'un ensemble condensateur-bobine. Si on doit expliquer (enseigner) le phénomène de l'oscillation, on se trouve dans une situation irréductiblement circulaire. Le vrai mécanisme s'explique par l'interaction entre les deux composantes! On peut commencer l'explication d'un point de la

boucle, pour la “traverser”. Cela est beau et suggestif, mais n'est pas vrai! L'oscillation ne commence pas à cause du condensateur, ni de la bobine, elle est conditionnée, générée par leur co-présence.

La boucle est une entité en soi, à grand potentiel générateur, insoluble par division en parties. Pour expliquer des réalités circulaires, on peut utiliser des “explications circulaires”, qui enrichissent le monde des phénomènes explicatifs non-linéaires. L'explication comme procédure n'est donc pas toujours une cascade. Elle branche, elle revient, elle flâne, elle s'égaré, elle se corrige. Si on pense aux restrictions sérielles du canal de communication, on redécouvre la difficulté : comment transmettre des savoirs qui ne peuvent pas être disposés de manière linéaire, avec une rhétorique non-linéaire, par des canaux sériels de communication?

Dans l'utilisation du livre, cette difficulté a été déjà rencontrée. Les créateurs ont expérimenté des solutions (index, annexes, références croisées) pour dépasser la linéarité de la lecture. Le sentiment d'insuffisance du discours sériel s'est accentué dans le temps. Des visionnaires comme Nelson ont imaginé la documentation hypertextuelle pour dépasser la linéarité. Les environnements d'assistance informatisée promettent des solutions nouvelles au problème de la transmission des savoirs-systèmes. Ils permettent des combinaisons flexibles entre l'expression parallèle et sérielle du message explicatif, mais ils posent le problème difficile de la gestion des décisions.

### **L'aide à la recomposition**

Pour concevoir l'aide à l'apprentissage d'un savoir-système, le problème critique est celui de savoir qui doit diriger les “opérations”, l'apprenant ou son assistant? Il y a une contradiction à dépasser. D'abord l'éducateur sait comment on peut décomposer le savoir, dans quel ordre, et peut-être même selon quel rythme il faut le recomposer pour optimiser un apprentissage virtuel. Cette connaissance fait partie de son expertise sur le sujet et de sa pédagogie; il connaît l'arrivée. Cependant il ne peut pas savoir avec précision la réaction de l'apprenant; il n'est pas sûr que dans un cas particulier les hypothèses sur lesquelles se base son discours soient vérifiées. Il ne connaît pas le point de départ du savoir interne à faire évoluer. Ensuite, l'apprenant est le seul expert et observateur direct de son savoir réel, l'acteur témoin des opérations de réception, d'analyse et de synthèse qui mènent à la recomposition du sujet. Il connaît le départ et perçoit les états intermédiaires; par contre, le sujet extérieur vers lequel il doit s'orienter lui est inconnu; il ne connaît pas l'arrivée.

Dans ces conditions, qui doit décomposer le sujet en parties jusqu'à la granulation nécessaire à une bonne transmission? Qui doit décider l'ordre de la série transmise? Qui doit contrôler la transmission proprement

dite? Qui doit gouverner la recombinaison? La réponse varie d'un cas à l'autre. On peut songer à des formules flexibles.

Le béhaviorisme a favorisé des présentations “ algorithmiques ”, des chaînes explicatives bien déterminées, indiquant à l'apprenant la voie de recombinaison nécessaire pour retrouver le sens global. Le succès de telles méthodes ne doit pas être éludé, mais les limites en sont aussi évidentes. Il faut réaliser un “ synchronisme ” entre la suite explicative et le récepteur. Pensons seulement à la culture de l'apprenant pour saisir la fragilité de la situation. Les individus habitués à être dirigés seront perplexes en face de trop de liberté de choix. Par contre, les “ autonomes ” se sentiront étouffés par un partenaire directif.

L'approche cognitiviste conduit à une autre politique de décision. L'alternative au dirigisme est la liberté. On offre à l'utilisateur le savoir- système, *tel qu'il est*. On ne l'explique pas par un discours, car l'auteur a peu de chances de deviner les particularités du mécanisme optimal d'apprentissage. On offre la globalité parallèle et des outils pour extraire des composantes (éléments, liens, propriétés, etc.) L'apprenant conduit sa propre démarche de décomposition- recombinaison. Tout au plus on peut l'assister pour lui donner des conseils. Le savoir se développe de l'intérieur, par ajouts, il n'est pas introduit, “ écrit ”.

Les risques d'une telle approche sont l'égarement et le parcours inefficace. Il y a des situations où ce n'est pas la création qui doit être facilitée mais la compréhension rapide et correcte d'un savoir standard et on a intérêt à piloter la recombinaison, à offrir une “ voie royale ”. Une telle voie est utile surtout en sciences exactes, quand il faut transmettre une structure univoque et claire. L'univers des connaissances de l'apprenant est important pour la compréhension mais le savoir à transmettre a sa propre structure, son propre “ métabolisme ”, sa propre formule de croissance. Les composantes doivent être ajoutées dans un ordre rigoureux pour permettre la reconstruction *correcte*. Laisser l'apprenant découvrir cet ordre serait l'obliger à un effort inventif peu justifié. On doit plutôt l'orienter sur le chemin lui permettant de comprendre bien et facilement. On doit lui expliquer ce qui se cache de manière implicite dans la totalité à laquelle il est confronté.

Il n'en résulte pas que le style linéaire de présentation (en cascade) soit suffisant et que les relations interactives ne sont pas nécessaires. Au contraire, même dans l'alternative d'une explication discursive, le présentateur (présent ou représenté par un instrument) doit aider l'apprenant à gérer continuellement le processus complexe qui lui permet de comprendre, de distribuer son attention entre la sérialité et le parallélisme, la structure et le processus, l'analyse et la synthèse.

L'apprenant a besoin de stratégies opérationnelles pour résoudre la vision duale (le détail et l'ensemble) dans toutes les situations (de cascade, de branchement, de boucle, etc.). Il faut mettre au point de bons

instruments pour aider le “récepteur d'une explication” à pouvoir la suivre, l'adapter à son rythme, la contrôler directement ou avec l'aide du partenaire. On peut exploiter les possibilités de l'ordinateur dans cette direction. On peut exploiter les possibilités de l'ordinateur pour assurer l'ambivalence de l'environnement d'assistance en expliquant mais aussi en permettant l'exploration.

Que peut-on donc faire pour faciliter la recombinaison d'un sujet complexe? Nous pouvons chercher dans plusieurs directions:

1. Clarifier le métabolisme du sujet et la logique de son explication. Quelle est la décomposition favorable? Doit-on respecter une logique interne propre au sujet, refléter plutôt son histoire ou recourir à un aménagement pédagogique. Jusqu'à quelle granulation peut-on continuer la fragmentation? Quels sont les liens entre les modules à chaque “niveau de décomposition”? Peut-on “comprendre” une partie sans avoir besoin des autres? Peut-on trouver “un chemin” qui permette à chaque module d'être compris à l'aide des précédents? Sinon, peut-on retarder la compréhension complète en vue de précisions ultérieures? A quel moment doit-on faire appel à des retours ?

2. Clarifier les particularités de l'intégration du sujet par l'apprenant. Quelles sont ses limitations cognitives transitoires? Quelles sont ses habiletés d'analyse et de synthèse? Quelle est son expérience de recombinaison? Quelle est la granulation qui lui convient? Quel est le rythme de sa réception? Comment peut-on faciliter la synchronisation du récepteur pour appuyer le décodage de la série éducative émise? Comment peut-on aider l'explorateur à extraire l'information ?

3. Étudier le système sujet extérieur-éducateur-apprenant-sujet intérieur. Comment et pourquoi ce système se forme-t-il? Quelles en sont les particularités, les influences extérieures, les critères d'évaluation? Comment équilibrer les conditions des points précédents? Comment organiser la transmission correcte du savoir extérieur pour permettre au savoir intérieur de croître par ajouts?

En répondant à ces questions on peut organiser l'assistance, de plusieurs façons:

1. **La préparation du savoir.** Pour l'autodidacte, on peut “aménager” le sujet extérieur de manière à ce qu'il soit facilement abordable. On choisit une bonne modularisation, que l'on raffine jusqu'à la granulation nécessaire. On présente une “carte” de la décomposition faite, de manière à mettre en évidence la position des parties dans l'ensemble. On explicite les liens entre les parties. On décrit le fonctionnement de l'ensemble à plusieurs niveaux de décomposition (raffinement successif). L'ordre et le rythme de la lecture sont fixés par l'apprenant.

2. **La présentation du savoir.** Si on a réussi à découvrir une “ voie royale ” pour la recombinaison du sujet, on présentera cet enchaînement qui assure le transfert progressif de la connaissance-système. Cela suppose que la “ série ” émise respecte à la fois les exigences du savoir extérieur et les particularités de l'apprenant. Chaque nouvelle tranche est facile à recevoir, intelligible, facile à intégrer dans la structure interne, de manière à faire évoluer correctement le savoir interne. L'ordre est fixé par l'éducateur (l'auteur de la leçon), avec des libertés laissées pour certaines adaptations. Le rythme par exemple peut être fixé par l'apprenant.

3 **La fusion du savoir.** Supposons que le système ne peut pas être expliqué par enchaînement. Les parties sont inséparables, les liens sont complexes, la décomposition est artificielle. Le sens de l'ensemble se révèle globalement, comme une réaction entre les composantes. Pour produire cette réaction, il faut créer un certain contexte intérieur et mettre en jeu des éléments introduits préalablement. Convaincre l'apprenant à assimiler des informations à justification immédiate imperceptible pour permettre une interprétation ultérieure révélatrice, le conduire dans l'état qui rende possible cette révélation, ce sont des opérations délicates qui peuvent réclamer un enseignement plus directif.

4 **La synchronisation du savoir.** L'apprenant et l'assistant peuvent surveiller une image (un diagramme) de l'état évolutif du savoir de l'apprenant. La synchronisation des deux partenaires se fait à l'aide de cette image- interface. L'apprenant observe l'image que le partenaire se fait sur l'état de la recombinaison qu'il est en train d'opérer. Il peut la comparer avec son véritable état intérieur (la boucle de réglage entre le savoir virtuel et le savoir interne) et avec l'image du savoir à atteindre (le puzzle complété, le savoir but. L'assistant peut utiliser les confirmations de l'apprenant pour décider des continuations conformément à la stratégie d'explication préparée (la boucle de validation et la correction externe). Un tel mécanisme convient quand le novice doit recomposer un savoir- système complexe de la manière voulue par l'expert.

### **La sérialité et le parallélisme**

Dans son activité courante, l'homme fait partie de systèmes qui englobent une multitude de “ personnages ” agissant simultanément. La réalité est fondamentalement “ distribuée ”; elle est la rencontre de plusieurs acteurs en interaction. L'homme subit une pluralité d'influences simultanées, reçoit des messages en parallèle, est souvent impliqué dans plusieurs processus à la fois, est stimulé par plusieurs sources. La conduite d'un véhicule en est un exemple. L'activité d'un enseignant, un autre.

Le parallélisme opère aussi dans le monde des processus cognitifs. En faisant des exercices de lecture dans une langue étrangère, on apprend en même temps du vocabulaire, de la grammaire et peut-être des informations contenues dans le texte utilisé. En utilisant pour la première fois un menu pour trouver un



renseignement, on apprend aussi le mode d'emploi. En additionnant 3 et 7 et puis 7 et 3 on prépare aussi le terrain pour la compréhension de la commutativité. On voit que le feu est rouge, on comprend aussi qu'il ne faut pas passer. On comprend pourquoi celui qui précède a freiné. Une information (un message) peut donc enrichir l'espace des connaissances à plusieurs niveaux (sur plusieurs plans) simultanément. Réciproquement, l'espace des connaissances existantes est un univers d'interprétation distribuée. Plusieurs critères sont utilisés en même temps pour traiter un nouveau message. Si l'information se présente sur plusieurs pistes, le récepteur humain peut les traiter de manière préférentielle, alternative ou intégrative. Nos processus cognitifs sont sériels- parallèles. Nous vivons l'espace et le temps. Nous avons la perception et la mémoire.

Les paragraphes précédents ont analysé la relation entre l'essence parallèle des sujets complexes et l'essence sérielle du discours explicatif. On a vu qu'on peut dépasser cette contradiction par un mécanisme de sérialisation et de recomposition. L'apprenant se concentre sur la réception du fil discursif et redistribue les informations à leur place pour refaire la structure parallèle présentée. Le présentateur décompose, classe le sujet, émet le discours et guide la recomposition. Ce " balayage " est extraordinaire mais fatigant, même quand des instruments appropriés facilitent la synchronisation. Nous apprenons pendant des années à parler et écrire. Les cartes de visualisation peuvent soutenir directement la vision globale que le discours sériel recompose avec effort. La force de synthèse des graphiques est si grande qu'on les utilise même pour représenter des processus, c'est-à-dire pour visualiser de manière spatiale des décompositions temporelles! Les " graphes de tâches ", les " algorithmes ", les " planifications " sont des exemples qui montrent l'utilité de la " parallélisation d'une série ".

Sur quoi se fonde la capacité d'une carte et d'un diagramme d'appuyer la vision systémique? Elle provient directement du caractère parallèle de la perception imagée. Le dessin parle parallèlement parce que la vue le permet. Le caractère intégrateur du média graphique, complémentaire à la sérialité des textes, a d'importantes répercussions. Il explique le rôle du multimédia et montre que la combinaison texte- graphisme a des justifications très profondes. Depuis toujours les présentateurs humains ont senti le besoin de combiner les messages sériels et parallèles, pour profiter des capacités de la perception humaine. Au-delà de la perception, l'homme dispose de mécanismes intégrateurs au niveau conceptuel qui lui permettent de percevoir l'unité des systèmes par la fusion des parties.

Quoique la capacité psychologique de traitement parallèle des informations a des limites, elle nous ouvre de nouvelles perspectives sur le rapport parallélisme-sérialité dans l'explication. Il est normal d'exploiter le potentiel de traitement parallèle pour améliorer le processus de transmission des systèmes ou processus complexes. Au lieu d'un discours sur un fil, on aura un faisceau de discours, qu'on voudra composer de

manière symphonique. Le processus “ décomposition- gestion sur plusieurs pistes- recombinaison ” a une physiologie et un potentiel différents de la sérialisation simple. La transmission pluri-pistes permet une riche combinaison de parallélisme et de sérialité, que nous pouvons utiliser pour expliquer plus expressivement les structures parallèles dynamiques. Cette idée nous conduira à la “ stéréo –présentation ”.

Entre le parallélisme existentiel de l'univers extérieur et le parallélisme de son univers conceptuel, l'homme doit opérer des transactions à l'aide d'un mécanisme psychologique parallèle limité. Il dispose de certaines capacités cognitives parallèles. Au niveau de la perception, les sens lui offrent une réception simultanée (images, sons, odeurs, goûts, pressions). Le cerveau est aussi une “ machine ” à fonctionnement parallèle (voir “ parallel processing ” et “ neural networks ”). Pourtant il est bien connu qu'au niveau de la concentration (attention), le traitement de plusieurs tâches cognitives en même temps est fort limité. Il y a quelque part un “ rétrécissement ” important du flux cognitif (“ embouteillage ”). Le noyau de l'attention “ balaie ” successivement l'espace à traiter. Il en résulte une limitation de la capacité de traitement parallèle de l'homme. Comprendre cette restriction, s'arranger pour bien utiliser le potentiel parallèle naturel, voilà une direction fondamentale pour la recherche en explication et pour le design du discours pédagogique multimédia.

La possibilité du parallélisme commence par le fonctionnement des sens. La réception audio-vidéo est un phénomène crucial. C'est en “ nommant ” les choses visibles que l'histoire de la communication a peut-être commencée. La perception parallèle de l'image et de la sensation interne d'un mouvement nous permet de le contrôler. L'appareil auditif réussit un traitement parallèle des signaux sonores. Les deux flux perçus par les oreilles sont utilisés pour le repérage spatial (stéréophonie). Les divers discours entremêlés dans un flux sonore sont séparables. Le résultat est “ symphonique ” (on entend les parties et le tout). On peut séparer un instrument, une voix, une mélodie. On peut saisir simultanément plusieurs caractéristiques : la hauteur, l'intensité, le timbre.

L'appareil visuel est conçu aussi pour résoudre (et utiliser) le parallélisme. Des millions de récepteurs fonctionnent simultanément et nous donnent la possibilité de transformer la géographie de leur réaction dans un indice sur la forme . Il y a aussi la perception “ stéréo ”: entre les deux yeux (nous permettant de saisir la profondeur) ou entre la vision centrale et périphérique (nous permettant l'orientation). Une fois les objets identifiés (comme les instruments de la symphonie musicale) leurs opérations sont perçues et comprises parallèlement. Plusieurs critères telles la luminosité, la nuance, la saturation, analysés simultanément permettent des signalisations parallèles.

## Le “ faisceau discursif ” (le “ stéréo-discours ”)

Le désir d'assister l'homme dans l'accomplissement des tâches parallèles ou la nécessité d'utiliser plusieurs pistes pour lui assurer la meilleure combinaison explicative nous poussent vers la conception d'un “ stéréo-discours ”, c'est-à-dire d'une démarche explicative à plusieurs pistes. Le design du discours sur plusieurs pistes réclame de:

- 1 Analyser les motifs pour répartir le discours sur plusieurs pistes; décider des pistes et de la distribution du curriculum;
- 2 Tenir compte des limites de la réception parallèle (la perception, la compréhension, la rétention) et prévoir la distribution de l'attention;
- 3 Concevoir des mécanismes qui permettent à l'utilisateur de contrôler la réception adéquate pendant la “ stéréo-explication ”.

Quelques exemples de rapports sémantiques entre deux pistes, A et B, seraient :

1. A et B ont le même contenu mais différent dans leur forme: autre modalité (texte écrit, parole, schéma, film, etc.); autre aspect (grandeur, couleur, mise en page, etc.); autre angle d'observation;
2. A et B abordent le même problème mais de manière différente: autre point de vue; autre profondeur; autre contexte; autre modèle;
3. A et B traitent deux messages complémentaires: parties d'un objet unique; acteurs d'un même système; membres d'une classe; étapes d'un processus; aspects d'une réalité; objets d'une comparaison;
4. A et B traitent deux messages liés: parties d'une relation; chaîne cause-effet; représentation et représenté; principe et application; généralisation et exemple; problème et solution;
5. B est une information annexe pour la réception de A: indication sur le fond; moyens d'orientation; message de synchronisation.

Quelques exemples de rapports perceptifs :

1. A et B perçus simultanément: son et image des films ou des diapositives commentées; discours et gestes d'un présentateur humain; signaux marquant les actions des opérateurs;
2. B perçu après A, mais encore sous l'influence de celui-ci: explication sonore suivie de la démonstration visuelle; paroles et écriture sur le tableau noir;
3. A et B perçus en alternance libre: texte et graphique d'une page de publication illustrée; texte à plusieurs colonnes; passage du regard entre diverses parties d'une image;
4. A et B perçus de manière “ vibratoire ” (l'attention oscille entre les deux donnant l'impression de la perception simultanée): le film et le titrage; les “ étiquettes ” des “ icônes ”.

Le rapport temporel de la présentation sur plusieurs pistes ne coïncide pas avec celui de leur réception. Même quand la distribution du discours a été faite en prévoyant le potentiel de traitement de l'utilisateur, il n'y a aucune garantie que celui-ci suivra la " voie de réception " présumée. Il est toujours possible (voir probable) qu'à l'occasion de la perception, l'attention se distribue de manière imprévisible. On ne peut pas être sûr que le message a été reçu (saisi, perçu, compris) même dans le cas d'une seule piste. Sur plusieurs pistes, le problème de la réception réelle est encore plus délicat.

Pour soutenir la réception appropriée du stéréo-discours, il convient d'envisager des moyens, activés par l'assistant ou par l'apprenant. Comment un acteur peut-il s'assurer que les pistes sont saisies d'une certaine façon et que les informations sont perçues et comprises, et par la suite, prendre des mesures en conséquence? Comment gérer l'architecture sémantique dans le cas des pistes " alternatives " (au choix) dont l'information n'est pas identique? Comment l'utilisateur peut-il se rendre compte qu'il a perdu des informations placées sur une piste qu'il a négligée? Ce sont autant de questions difficiles pour la gestion du " faisceau discursif ".

Un principe (et un " module ") d'arbitrage devrait faciliter la gestion des fenêtres, permettant la négociation entre divers participants (fabricant, auteur, professeur, utilisateur). Le système explicatif stéréo-discursif devrait tenir compte de la distribution de l'information entre les pistes, de la capacité de perception (attention distributive) et de la disponibilité des moyens techniques, et cela de manière dynamique, pour proposer la solution appropriée à chaque moment.

Pour comprendre, l'utilisateur dispose de plusieurs instruments qu'il utilise parfois en parallèle (livre, didacticiels, etc.). Dans ces cas, de nouveaux phénomènes, problèmes et possibilités de parallélisme apparaissent. Cette dernière étude est encore peu développée.

## Chapitre C3: Essai sur la physiologie du dialogue

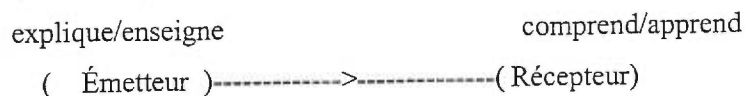
- la résonance, la communication, la synchronisation-

### La résonance explicative

L'explication se base sur la communication déclarative (la signification partagée, le dialogue) ou active (l'action partagée, la coopération). Elle peut avoir lieu de manière synchrone (les deux partenaires interagissent simultanément) ou asynchrone (ils changent de rôles après des délais). Elle peut se faire par proximité physique ou à distance. Elle peut utiliser une multitude de messages, de médias, de modalités symboliques, de stratégies et de protocoles. Elle peut impliquer deux ou plusieurs personnes. Elle peut viser un ou plusieurs sujets.

*La base du dialogue explicatif est la résonance (consonance) cognitive entre deux partenaires synchronisés.* L'explication n'est pas une connexion entre deux rapports homme- sujet mais un rapport homme- homme orienté par un sujet. L'étude de la physiologie de l'explication doit observer avec attention le phénomène de la résonance.

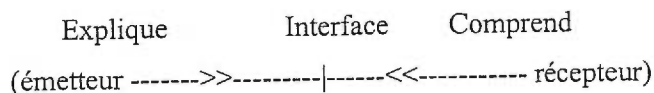
Commençons l'analyse avec un modèle de transmission unidirectionnel:



La communication des connaissances se fait à partir d'un *émetteur* vers un *récepteur*. L'action de l'émetteur peut s'appeler "expliquer", si on regarde surtout le processus transitoire, ou "enseigner", si on observe le phénomène global, tandis que celle du récepteur "comprendre" (ou apprendre). La transmission significative se base sur une synchronisation (accord, adaptation). Sans cet accord (cette résonance) il n'y a pas de communication effective.

On peut envisager une stratégie de communication où l'effort dynamique "d'accordage" est fait par le récepteur. L'émetteur facilite la synchronisation en utilisant un codage qu'il suppose correspondre aux possibilités du récepteur cible. Il peut vérifier si la réaction est appropriée et faire changer le discours en conséquence. Si les apprenants peuvent et veulent se synchroniser, les résultats sont satisfaisants. Le récepteur essaie continuellement d'optimiser la résonance et la consommation des informations. La compréhension de son univers cognitif peut orienter les efforts de composition, de présentation ou de dialogue que l'émetteur déploie pour faciliter l'accord.

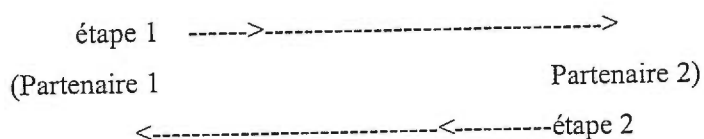
Ainsi dans une optique de séparation, “enseigner” et “apprendre” désignent des processus distincts de l'émetteur et du récepteur pendant la transmission du message. Ces termes peuvent englober des activités auxiliaires accomplies par chacune des parties pour améliorer la communication. Le béhaviorisme, centré sur l'émission-cause et supposant les effets comme des conséquences intrinsèques, et le cognitivisme, centré sur la réception- effet et supposant les causes comme déductibles, séparent le système cause- effet pour des raisons pratiques. Mais ce découpage ne doit pas cacher l'essence bipolaire de la consonance! En considérant comme “interaction” seulement les démarches des deux partenaires en vue de l'accord (les négociations de synchronisation) on arrive à obscurcir le phénomène coopératif central c'est-à-dire la résonance cognitive qui soutient la transmission du message.



On peut voir la communication comme un pont, comme un ensemble inséparable “cause- effet”, *comme un phénomène de résonance*. Ce modèle met l'emphase sur *la relation, irréductible à l'ensemble des deux éléments*. “Expliquer” et “comprendre” sont deux directions d'un même “arc électrique”, deux sous-processus décomposant un processus unique. Pendant la transmission effective, l'interface d'interaction est doublement conditionnée, elle évolue conformément à l'interférence des “champs” cognitifs de “l'émetteur” et du “récepteur”. *“Le design” de la transmission doit se faire en termes d'adaptation, de synchronisation, de résonance*. Il n'est pas suffisant de sauter d'un bout à l'autre du couple ou de la paire (chaîne) pour comprendre sa physiologie. On la traitera mieux en la considérant comme entité unique, vivant un phénomène unitaire.

Un corollaire intéressant d'une telle perspective est *la révision du concept d'interaction, pour englober l'interaction unidirectionnelle*. Habituellement, nous parlons d'interaction si le récepteur et l'émetteur changent de rôles. Il s'agit d'une alternance et non pas d'une “bi-direction simultanée”, car dans un dialogue, les deux acteurs ne parlent pas simultanément. Mais est-ce que l'alternance des rôles entre l'émetteur et le récepteur est l'âme de l'interaction? Si chacun transmet sans tenir compte du discours de l'autre, nous ne dirons pas qu'il s'agit d'une conversation! Une réponse suppose une question, elle est une réaction. Pour la concevoir, il est nécessaire que la question ait été comprise (captée). *La réponse est la preuve de l'interaction, elle est sa conséquence. Mais le noyau de l'interaction est la résonance entre l'émetteur et le récepteur* au moment de l'arc explication- compréhension, la rencontre des deux protagonistes sur la surface “expliquer- comprendre”, l'effet induit dans un système par le contact avec l'autre. Comprendre ce que

l'autre dit, c'est résonner avec lui, directement ou par l'intermédiaire des instruments. Même quand le transport d'information a lieu dans un seul sens pendant la fusion communicative, il s'agit bien de *rencontre bi-humaine* qui permet la transmission. Le résultat de l'interaction unidirectionnelle peut être varié. En fonction du message transmis, le récepteur peut passer à certaines actions, il peut répondre à une question posée, il peut continuer à capter ou tenter d'interrompre. Il peut changer de rôle et commencer à émettre. Il peut commencer même à expliquer, renversant les rôles avec son partenaire. Quand l'arc de résonance inverse est établi, permettant l'interaction dans la seconde direction, on a accompli le premier pas d'un dialogue. La réponse est reçue et le cycle peut continuer.



Il ne faut pas minimiser l'importance du cycle "question-réponse" pour le dialogue. C'est le feed-back qui fait sa force. En fonction de la réaction du partenaire, l'enseignant peut accorder son "émission" et l'élève sa "réception", le résultat étant l'amélioration de la résonance. La bi-direction élargit la qualité de l'accord et le flux de la communication dans les deux sens. Mais à son tour, le réglage bidirectionnel se base sur la communication et donc, sur la résonance. Synchronisation et transmission s'entremêlent et se conditionnent.

Pendant la communication, on se trouve en face d'un "être-pont" avec une structure bipolaire comprenant deux systèmes cognitifs, chacun ayant son propre "métabolisme", mais vivant des résonances en commun.

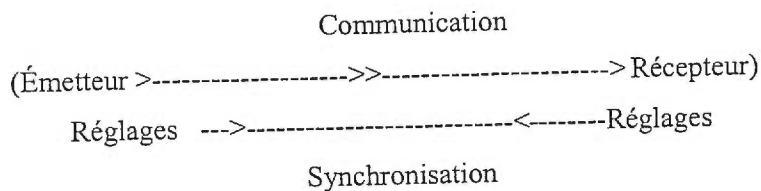
#### Système bipolaire résonant

(Sous-système 1 -----)))))(((((((-----Sous-système2)

Il est difficile de séparer les transformations cognitives, dues à l'interaction, des évolutions internes autonomes. Les effets de la communication se propagent de manière indiscernable et les changements intérieurs influencent la résonance. La communication est une aventure entre deux hommes (individus) mais aussi un processus intérieur de l'Homme (espèce) qui assure la reproduction des informations et la survie de la conscience collective. En accordant à la paire communicative un statut d'existence unitaire, l'acte d'explication nous apparaît dans une autre lumière. Nous saisissons la dimension écologique que les nouveaux instruments devraient respecter pour ne pas nuire à la structure et au fonctionnement (la physiologie) du grand être de l'humanité qui nous met face à face pour propager le savoir dans son organisme par cette rencontre vivante.

## L'équilibre entre apprendre et être enseigné

Quand on parle d'un "environnement d'apprentissage" (learning environment) on veut accentuer le rôle actif de l'élève. Dans un "environnement d'enseignement" (tutoring environment) l'élève est plus encadré. Ces appellations témoignent des confusions entre la phase de négociation (pour établir un bon accord) et la phase de transmission proprement dite.



Les négociations pour le réglage de la synchronisation sont auxiliaires à la communication proprement dite. Elles représentent une forme de coopération, supposent des transmissions bidirectionnelles et des réactions d'adaptation de chaque système pour améliorer l'accord. Les voies d'explication et de synchronisation ne disposent pas toujours de canaux ou de messages séparés. Les mécanismes de l'information proprement dits et ceux de négociation de l'accord interfèrent souvent car le message d'information a un rôle d'orientation et celui d'orientation, une connotation éducative.

On considère qu'un environnement qui oblige l'apprenant à faire le gros de l'effort de s'accorder (ou qui lui laisse une grande liberté à ce chapitre) est de type "apprentissage". Si l'activité ou l'accord est imposé par l'émetteur, l'environnement serait de type "enseignement". Cependant, *la transmission principale de l'explication reste unidirectionnelle dans les deux cas (quoi qu'interactive et alternante)*. À la fin de toute négociation, il arrive un moment où un acteur reçoit, lit et interprète le message de l'autre. Pendant cette étape, le récepteur "comprend" et l'émetteur "explique".

Regardons la communication de l'intérieur du système récepteur. *A tout moment il se trouve dans un certain équilibre entre agir et réagir, entre accepter (recevoir) et tirer (extraire) les informations*. Cet équilibre, lié à la volonté et à la motivation, est essentiel pour comprendre le jeu énergétique de l'explication. Il y a une nuance fine que notre vocabulaire n'exprime pas bien, mais que notre expérience psychologique révèle, qui distingue ces deux façons complémentaires de réceptionner. "Apprendre" c'est comprendre sous la pression extractive du "vouloir" propre, "être enseigné" c'est "accepter" (profiter de) la pression explicative de l'autre. Remarquons la fluidité de la situation: on peut commencer par se laisser enseigner, continuer à apprendre, combiner les deux, etc.



Nous avons une gamme variée de possibles formules d'équilibre.

#### “ L'apprentissage pur ”

Une hypostase de compréhension extrême est l'apprentissage direct, par expérience et exploration, sans partenaire conscient. L'homme découvre, utilisant le contact avec un univers qui n'a pas été aménagé par un autre pour lui faciliter la compréhension. Il n'y a qu'un protagoniste qui perçoit, analyse, comprend, mémorise, réagit, expérimente et vérifie. Sa “ solitude ” sur la dimension “ collaboration consciente ” n'est pas valable pour d'autres niveaux d'interaction. L'environnement émet des stimuli, réagit aux actions de l'acteur humain. Un dialogue physique existe. L'environnement peut être l'initiateur (inconscient) d'un apprentissage que l'homme a raison d'accepter. La nature émet, l'homme saisit, comprend, apprend et réagit. Souvent, c'est l'homme qui a l'initiative; il cherche, il vérifie et il expérimente.

#### “ L'apprentissage facilité ”

Un assistant discret peut “ mettre en scène ” des rencontres apprenant-milieu, sans participer explicitement à ces rencontres. Le but de l'intervention du concepteur est “ d'enrichir ” le milieu d'exploration. Il intervient pour accroître *la pertinence* (le rapport entre les informations utiles et inutiles), la “*répérabilité*” (la perceptibilité, la consistance, la forme attirant l'attention) ou l'*accessibilité* (les situations intelligibles, cohérentes, familières, suggestives). La communication implicite consiste dans la préparation de l'environnement. On peut convenir d'appeler ces situations “ auto- apprentissage ”, tant que l'enrichissement du milieu est fait sans utiliser des messages explicites. Si ceux-ci apparaissent, les moyens d'aide.. se changent en explications. Quand l'explorateur décode des messages comme “ Pour trouver x, regarde à l'endroit y ” ou “ essaie d'appliquer le principe z ”, le paradigme de “ l'apprentissage pur ” est dépassé. L'explorateur est “ enseigné ” par son partenaire, au-delà de leur séparation dans le temps et dans l'espace.

#### “ L'apprentissage enseigné ”

La communication potentielle naît avec l'apparition du guide humain qui tente d'influencer explicitement l'apprentissage. Elle devient réelle si le contact cognitif a lieu, de manière synchrone ou asynchrone. La topologie est changée par rapport aux cas précédents. Le système contient deux centres de décision, deux volontés. Ce n'est plus seulement l'apprenant qui peut observer celui qui se trouve à l'extérieur, c'est aussi l'extérieur (le partenaire) qui peut l'observer. La boucle d'explication a deux décideurs intelligents et gagne une capacité de convergence redoutable. La surface de contact “ homme- homme ” a des propriétés spéciales. Des interférences fines influencent la motivation, des phénomènes complexes peuvent être vécus “ à deux ”, en synchronisme.

Quoiqu'il s'agisse d'un message demandé par le récepteur (accent " apprentissage ") ou d'une suggestion du professeur (accent " enseignement "), le contenu du message livré par le guide humain est riche, adapté, opportun. Le récepteur profite de l'expérience de l'autre, en amplifiant ainsi ses possibilités de connaître. L'apprenant qui sent cet avantage, qui est content de son partenaire, qui réalise un bon accord avec lui, arrive à un équilibre (fusion) entre " extraire " et " recevoir " les informations. Le guide " pousse ", l'apprenant " tire ", l'effet est cumulé et le récepteur est un " apprenant enseigné ".

#### Le " être enseigné " pur

A l'opposé de l'apprentissage autonome se trouve la perception d'une présentation. Le récepteur n'explore pas, il observe ce qu'on lui montre. Il ne cherche pas les informations, mais les reçoit. Au contact de son partenaire (qui pousse) il n'oppose pas de résistance, mais il se laisse conduire dans la danse. La source décharge son savoir dans un récipient consentant.

Le tableau décrit plus haut peut produire du désagrément. La limite du " être enseigné " nous est foncièrement et culturellement antipathique, car elle semble s'attaquer à notre individualité, à notre liberté de choix, à notre droit d'intimité, à notre orgueil. Les valeurs de la société moderne s'y opposent. La littérature éducationnelle actuelle condamne la soumission éducative. Pourtant, il est essentiel de faire attention aux nuances pour ne pas refuser l'amour par peur de l'abus, l'aide par peur de la paresse, l'être collectif par peur de perdre l'individuel, et finalement l'éducation par peur de la manipulation. Posons-nous toujours la question à savoir si le mécanisme réceptif s'établit par force, par obligation ou par consentement.

Si la posture de " être enseigné " s'établit en force, contre la volonté de l'apprenant, on a affaire à une procédure condamnable. Reste à voir dans quelles circonstances un tel abus est possible. Si quelqu'un ne veut pas apprendre, il n'est pas évident qu'on peut l'y obliger. Le " viol pédagogique ", tenté par les " pédagogues " totalitaires, décidés à faire " apprendre " à tout prix, est un cas extrême mais effrayant! Les méthodes indirectes pour forcer l'écoute sont par contre réalisables et répandues. Elles se placent sur une longue échelle, celle de la menace, de l'achat de l'attention, de la manipulation. La meilleure motivation qui peut déterminer un élève à se " laisser enseigner " (et qui produit une participation énergique à son apprentissage) est la stimulation du désir d'apprendre, l'obtention du vrai consentement...

Il est important de remarquer que *l'utilisation de la force est généralement extérieure à la communication proprement dite!* Ce n'est pas le professeur qui force l'élève à apprendre mais le contexte qui les place face à face ! Au lieu de condamner la mise en position éducative forcée, certains préfèrent critiquer la pression

pédagogique qui conditionne l'enseignement! Cette confusion est nocive quand elle justifie l'absence de l'énergie pédagogique au nom de la liberté. La peur de l'abus éducationnel ne doit pas mettre le signe d'égalité entre le consentement et la passivité. L'apprenant qui *veut* écouter est loin d'être passif. La contribution énergétique cognitive de son partenaire, qui *pousse* le message, lui permet de faire des économies psychiques. Moins obligé à chercher, à tirer, à cause de la diminution de la résistance, il dispose de l'énergie épargnée pour d'autres opérations (mémorisation, décomposition, comparaisons, etc.).

Il n'est pas question de discuter ici de toutes les implications éthiques du problème. Je signale seulement le besoin d'une analyse des conséquences sur la technologie de l'instruction. Il serait intéressant de pouvoir mesurer le pourcentage actuel des heures d'apprentissage par obligation. Négliger cette réalité et concevoir des instruments destinés seulement aux élèves qui s'instruisent par passion, pleins d'initiative et d'enthousiasme, désireux de découvrir, etc., c'est s'évader de la réalité. Les apprenants qui ne veulent pas apprendre existent et ont aussi besoin d'aide!

#### La solution hybride et flexible

Plusieurs raisons peuvent motiver une solution hybride pour l'explication, dans laquelle l'apprentissage actif alterne avec l'apprentissage consentant. D'un côté, l'élève doit se former à une technique de découverte pour pouvoir se débrouiller dans les situations imprévues. L'éducation doit stimuler son imagination, son indépendance, son initiative, sa participation. L'élève passif, habitué exclusivement à être passif, à se laisser enseigner (faire apprendre) peut réduire sa capacité de créer une démarche personnelle. Pour éviter cet effet, on diminue (aux moments opportuns) la pression explicative (l'offre d'aide) et on oblige l'élève à réagir ou à "se lancer en exploration". Mais recourir exclusivement à la stimulation de la découverte c'est ne pas valoriser l'aide explicite d'un partenaire. *Si la perte d'habitude à se débrouiller seul (arracher, tirer, chercher) est un problème reconnu, on pense moins aujourd'hui à la perte de l'habitude de recevoir (écouter, se laisser conduire).*

Renoncer à guider pour ne pas former de mauvaises habitudes, ce serait une réaction exagérée. On ne doit pas s'exténuer constamment pour ne pas perdre ses muscles. Être guidé peut s'avérer salubre pour des situations comme l'orientation dans un sujet nouveau, l'apprentissage rapide pour faire face à une urgence, les besoins courants d'informations d'une personne qui n'a pas l'envie ou le temps de s'entraîner à découvrir etc. Les "environnements d'apprentissage" peuvent être équipés d'instruments d'assistance explicite. S'ils sont bien faits, l'apprenant profite de leur influence, en "se laissant enseigner" ou renseigner. Les élèves seraient avantagés par un partenaire flexible, capable de "stimuler" voire de "pousser" plus ou moins, d'expliquer plus ou moins, de les placer dans des situations plus ou moins expressives. La solution qu'un bon

professeur trouve, c'est la métamorphose entre ses rôles (hypostases) d'initiateur et de répondeur. Quand l'élève est en accord (en résonance) avec son professeur, *il extrait et il reçoit en même temps; il absorbe*.

Il y a un lien, une harmonie intime et une alternance stratégique entre les moments de type “ apprendre ” et “ être enseigné ”. La bonne formule de ce jeu est la clef du succès pédagogique. L'expérience didactique montre que pour faire comprendre un sujet, on doit alterner les présentations avec des exercices. L'art est de saisir le moment opportun du changement. Il est difficile pour un ordinateur de trouver cet équilibre et on ne peut même pas lui fournir une recette. On doit explorer la possibilité que ce soit l'apprenant qui puisse régler le dosage. Il pourra agrandir ou baisser la pression pédagogique de l'environnement. Mais l'apprenant ne connaît pas toujours les objectifs et les chemins opportuns. Il doit souvent être conseillé.

### **La communication asynchrone; l'explication implicite, l'exploration, l'assistance**

Discutons de l'organisation d'un espace informationnel qui décompose un savoir sans le “ sérialiser ” dans un discours, qui mise surtout sur l'explication implicite et qui se base sur le caractère “ débrouillard ” de l'apprenant-explorateur. Pour qu'un bloc d'informations devienne un instrument explicatif, la manière d'organiser sa structure et son exploitation doit combiner la facilitation d'opération avec l'expressivité pédagogique. La gestion facile des informations est de plus en plus importante. La nécessité de mémoriser les connaissances diminue à mesure que l'homme a à sa disposition des instruments qui lui permettent de s'informer “ au moment du besoin ”. La mémoire des instruments épargne la mémoire humaine, mais leur utilisation nous oblige à maîtriser les techniques de documentation. Pour nous débrouiller dans un univers complexe et labile d'informations, le “ savoir-se rappeler ” n'est pas suffisant. Nous devons nous former un bon “ savoir-trouver ”, aptitude développée par l'exercice d'utilisation d'un environnement de découverte. La formation d'une heuristique (technique de trouver des solutions dans des situations nouvelles) peut être appuyée ainsi de manière implicite. Une aide explicite peut être aussi opportune.

Pour les environnements “ de documentation ”, le paradigme d'organisation est celui des “ bases de données ” qui ont plusieurs variantes: le modèle “ relationnel ” (les informations sont décrites par des “ attributs ”; l'utilisateur peut les trouver en faisant des “ requêtes ”); le modèle “ de navigation ” (l'arborescence du curriculum est reproduite dans le graphe navigable des informations); le modèle des “ bases de connaissances ” (l'organisation tient compte explicitement de la sémantique, permettant une gestion automatique “ intelligente ”).

Le “ cycle ” de documentation a plusieurs étapes. On doit saisir l'existence de l'information; se décider de l'utiliser, trouver et extraire l'information dans l'univers qui la contienne, la “ consommer ” (lire, apprendre, sauvegarder sur un support de mémoire). L'étape *but* est celle de la lecture, que la recherche et l'extraction préparent. Les activités auxiliaires devraient aussi être facilitées au maximum. Prenons l'exemple de la “ désorientation labyrinthique ”. En exagérant l'arbre des choix, on peut produire une perte significative d'énergie, consommée pour la recherche plutôt que pour la lecture! L'efficacité de l'instrument doit être évaluée par le temps gagné (ou perdu...) par celui qui l'utilise.

Un mécanisme plus compliqué d'exploitation *mélange l'orientation et l'information*. Ce mixage peut être l'objectif de l'enseignement (entraînement dans l'orientation), le résultat d'une faible organisation, ou l'effet d'une interférence naturelle. L'orientation de l'utilisateur sur la prochaine étape à suivre est influencée par la signification de l'information qu'il est en train de consommer. Il est difficile de séparer le mécanisme d'orientation “ extérieur ” (par messages supplémentaires d'orientation) de celui “ intérieur ” (comme conséquence du discours compris).

Les observations antérieures suggèrent les critères d'organisation d'un environnement “ d'exploration ” :

***Contenir et organiser.*** La première contribution du concepteur est “ l'enrichissement ” du contenu pertinent pour le public envisagé. Il est aussi important de pouvoir gérer la multi- dimension de chaque cellule d'information (le sens, l'apparence, le corps matériel). Le fait d'organiser les informations dans une structure représente le premier niveau d'aide-implicite. L'organisation (la structuration, l'indexation, la classification, etc.) prépare la récupération ultérieure.

***Signaler et faciliter l'accès.*** La deuxième démarche est d'offrir à l'utilisateur des messages qui lui expliquent l'organisation et lui facilitent l'accès. Les moyens pour le faire sont nombreux: les cartes de navigation, la visualisation immédiate des effets des gestes posés par l'utilisateur sur l'interface et la simplicité et le naturel des opérations.

***Conseiller et assister.*** Un niveau supérieur d'encadrement est d'influencer les décisions que l'utilisateur doit prendre en exploitant la base. L'aide ne se résume plus à expliquer la structure et les interfaces. Elle comprend des indications spécifiques sur la façon de résoudre des problèmes de repérage. Le conseil prend la forme d'une indication contextuelle, d'une démonstration, d'un parcours guidé.

*Observer et réagir.* Quand on ne dispose pas d'un guide humain qui observe directement l'utilisateur, la possibilité d'être guidé intelligemment est limitée. La meilleure assistance sera offerte par un guide humain qui accompagne l'explorateur continuellement ou pour le moins intervient quand on l'appelle à l'aide. Dans ce cas, on a une combinaison entre l'exploration libre et l'influence d'un "maître" et on retrouve la problématique apprendre-être enseigné.

### **La communication synchrone. La réception du discours et la synchronisation**

Les leviers pour stimuler la réception

Supposons maintenant que la recherche d'un message est terminée et déclenche la lecture (un cas asynchrone) ou que la question a été posée et déclenche la réponse (un cas synchrone). Concentrons-nous sur la "consommation" d'une explication et cherchons les principes d'organisation de l'aide à la réception d'un discours.

Dans la pratique éducative le monologue professoral n'a pas besoin d'être promu. Un reproche fait à l'enseignement traditionnel est qu'il livre trop souvent un enseignement magistral (la livraison de l'information), sans suffisamment inviter les apprenants à contrôler cette transmission de connaissances selon leurs intérêts et leurs préalables. Le mouvement pédagogique actuel met l'accent sur la dimension participative. Soutenir un monologue semble aller à contre-courant. D'autre part, la préoccupation pour la "préparation" d'un discours de qualité est traitée de manière extensive en didactique. Pourquoi la reprendre dans le cadre de la technologie éducationnelle? Parce que, pour atteindre ses objectifs, la technologie éducationnelle doit considérer tous les éléments qui forment le système éducationnel et tous les moyens utilisables pour l'améliorer. Les nouveaux instruments sont tellement complexes, leur potentiel pour l'éducation tellement grand, qu'ils exigent de reconsidérer de manière permanente le monde des principes et des stratégies. La facilitation du "monologue" explicatif (la démonstration, la présentation) à l'aide des nouveaux outils télé-informatiques demande une nouvelle étape de recherche technologique.

A la base de la conception des instruments d'aide pour "enseigner et être enseigné" on doit trouver la compréhension du phénomène psychique de la réception d'une présentation. Quoique la littérature de psychologie cognitive soit comblée de détails pertinents et que les considérations didactiques utiles abondent, la transformation en une unité de ce sujet reste "délicate". Nous ne disposons pas de recettes complètes et rigoureuses (ce n'est probablement même pas possible) pour influencer la réceptivité d'un apprenant. Nous disposons pourtant de quelques orientations générales :

La compréhension est un phénomène de résonance à plusieurs acteurs et à plusieurs conditions. Pour parvenir au “synchronisme” il est nécessaire de faire une adaptation (un accord) entre la source et le récepteur. Cela suppose la “compatibilité” du récepteur avec le sujet du message et avec le style de la communication. Le nouveau contenu doit être raccordé à l'arbre des préalables et la forme de présentation doit correspondre aux habitudes perceptives et intellectuelles. Le “constructivisme” souligne l'importance de la compatibilité.

D'autre part, l'apprenant doit faire des efforts d'accommodation et d'accumulation. Ses mécanismes de motivation interviennent. Le “béhaviorisme” en accentue l'importance, montrant qu'on peut influencer l'apprentissage par des leviers motivationnels. La force et la structure de la motivation jouent un rôle incontestable et jusqu'à un certain point complémentaire à la compatibilité cognitive sujet- apprenant ou enseignant- apprenant. Il n'est pas rare de constater qu'un étudiant motivé se débrouille mieux qu'un “indifférent”, même si l'information présentée ou le présentateur sont plutôt compatibles avec le deuxième.

On rencontre des situations dans lesquelles la compatibilité et la motivation s'influencent réciproquement. Une information claire, accessible, compatible, un enseignant résonant peuvent provoquer des “sentiments de sympathie et stimuler la motivation. Par contre, un discours difficile à suivre ou présenté par un enseignant antipathique, peut décourager. Réciproquement, un discours important pour l'apprenant semble plus compréhensible à cause de la concentration de l'attention produite par la motivation. On parle aussi des leviers de synchronisation “cognitifs” et “affectifs”. C'est une division relative, car pour certains sujets, comprendre est un but auquel s'associe le plaisir de comprendre tandis que pour d'autres, sentir est un but auquel s'associe le savoir du sentir.

Du côté de l'assistant (l'émetteur, le partenaire, l'environnement) les mesures en vue de l'amélioration de l'accord peuvent viser les deux leviers, celui d'influencer la motivation et celui d'influencer la compatibilité (l'intelligibilité). Certains auteurs expliquent le potentiel des “learning tools” par le bon facteur de “compatibilité”, assuré par le fait que l'apprenant dirige le processus, et de “motivation”, assuré par le plaisir de l'apprentissage actif. Pour les “teaching tools”, les arguments sont en revanche la “compatibilité”, assurée par l'enchaînement des explications par un *expert en pédagogie*, et la “motivation” assurée par la commodité de l'apprentissage consentant. Il serait peu constructif de nous engager dans une polémique sur les avantages d'une approche ou d'une autre. Les conclusions peuvent viser la pertinence de certaines réalisations particulières. Dans le cadre général, toute contribution doit être prise en considération. Les stratégies pour accroître l'intelligibilité et la motivation devraient être combinées.

### Le caractère transitoire

Les professeurs expérimentés savent l'importance de l'ordre dans lequel ils présentent les notions, du cadre (de l'atmosphère) qu'ils réussissent à créer avant une certaine "mise en place pédagogique", de la danse explicative, du rythme, des pauses, des récréations, des divagations, des préparatifs. C'est par la médiation de "stratagèmes" dynamiques qu'ils réussissent à "faire passer" des notions plus difficiles, à "sauter" sur des brèches cognitives. C'est l'absence de l'aplomb et de l'inspiration qui peut causer l'échec d'une leçon morte.

L'expérience pédagogique montre que la formule pour faciliter l'accord (et la bonne transmission des connaissances) n'est pas stable, prédéfinie et uniforme. Elle est variable et dans le même temps elle se base sur l'inertie, elle évolue "en spirale". Le succès de chaque étape dépend de la dynamique de la présentation et de l'histoire des étapes précédentes. À chaque moment, la transformation en cours est l'effet de l'interférence entre les vagues précédentes, la somme des réverbérations produites par les "ondes" que le discours émet successivement. Si on coupe accidentellement certains discours, en les reprenant plus tard, ils perdent leur force explicative, même s'ils avancent sur la même voie logique. Pourquoi? À cause du caractère de processus intégral de l'explication.

La "mémoire de travail" (indifféremment de sa constitution neurophysiologique) joue un rôle important dans le régime dynamique de l'explication. Elle assure l'inertie qui soutient la perception du discours. Des éléments présentés auparavant jouent un rôle d'appui transitoire pour la compréhension, tandis que d'autres seront enregistrés dans la mémoire permanente. C'est ici qu'opère la différence fine entre comprendre et apprendre. En première instance le discours explicatif est conçu pour être compris, ayant l'apprentissage stable comme effet secondaire. *Malheureusement il n'y a pas des termes comme "explicateur" et "compréhenseur" pour désigner la position dynamique de l'enseignant et de l'apprenant.* La compréhension est une transition et s'accomplit par des phénomènes inéluctablement transitoires. Les nouvelles connaissances, placées temporairement dans la mémoire de travail ou intégrées plus profondément, transforment l'espace cognitif (les connaissances, les procédures, les dextérités) et l'espace de la motivation. À tout moment, l'adaptation entre le message et le destinataire dépend de la *compatibilité momentanée* et de la *motivation instantanée*, à leur tour influencées par le déroulement antérieur de l'explication.

Dans le modèle statique, utilisé encore en sciences cognitives, la motivation et la compatibilité sont des données initiales. L'apprenant a pour la connaissance  $x$  une certaine compatibilité  $c$  et une certaine motivation  $m$ , qui déterminent sa capacité de compréhension  $a(x,c,m)$  et son apprentissage  $A(x,c,m,a)$ . Dans le modèle dynamique (et réel) les états dépendent du temps. Au moment  $n$  l'apprenant a pour la



connaissance  $x_n$  dans le contexte  $z_n$  une motivation  $m_n$  et une compatibilité  $c_n$ . Le résultat est une capacité de compréhension  $a_n(x_n, c_n, m_n)$  et un apprentissage  $A_n(x_n, c_n, m_n, z_n, a_n)$ . Mais  $m_n$  et  $c_n$  sont à leur tour en fonction de l'évolution antérieure de la compréhension transitoire et de l'apprentissage stable  $m_n = f(a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_1, A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_1)$ ,  $c_n = g(a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_1, A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_1)$  donc on a :  $A_n(y_n, z_n, a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_1, A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_1)$ . Il en résulte un "système d'équations dynamiques et non-linéaires dont la formulation et la solution exacte ne sont pas possibles. Cet exercice offre seulement des suggestions qualitatives pour la gestion du discours en éducation. On observe *l'impossibilité de la réduction du discours didactique à une " énumération " pré- établie des informations!* Une véritable " explication " n'est pas la somme de ses parties, mais une entité dynamique et intégrative qui émerge de leur enchaînement. Découper le discours en morceaux et les livrer dans un ordre et à un rythme non approprié peut détruire les qualités évolutives de l'explication. Pour observer la pertinence de cette observation, pensons aux modèles utilisés en STI (systèmes tutoriels intelligents). Un ordinateur qui veut simuler un expert composant des discours ad hoc, devrait contrôler la dynamique de l'explication.

Celui qui dévirtualise le potentiel éducationnel d'un discours est l'apprenant. Sa réaction dépend continuellement de l'intelligibilité du message et de son intérêt, de l'évolution du " pouvoir " et du " vouloir " apprendre. L'accord dépend de la *zone activée de la mémoire*, de la région cognitive où se concentre l'attention. Si le facteur temps n'est pas restrictif (le cas asynchrone), le récepteur peut chercher une perception optimale. Mais, pendant le suivi d'une présentation directe, les informations placées en rythme alerte " dans la mémoire vive " influencent fortement la compréhension. Le mécanisme explicatif transitoire s'ajoute à celui qui est logique. À cause de ce phénomène, la dynamique de la réception du discours explicatif présenté directement est différente par rapport au cas de l'apprentissage asynchrone, par découverte et lecture. Les implications de cette différence sur la composition du discours sont majeures. La force de suggestion du bon plaidoyer est reconnue. L'auditoire est " porté " par l'argumentation, conduit à des endroits surprenants, stimulé vers des intuitions et des visions fluides qui peuvent devenir claires par solidification ultérieure. La dynamique explicative peut être exploitée aussi dans le cas asynchrone, si la " lecture " du discours composé suit le rythme et le parcours supposés par l'auteur.

#### L'art d'écouter et l'art d'expliquer

Les connotations négatives que l'idée du " monologue " a aujourd'hui sont liées à une tradition qui a raffiné plutôt la technique de la manipulation que celle de la conduite d'un pas de deux... *Il serait pourtant intéressant d'établir les principes de l'art d'écouter, c'est-à-dire de se synchroniser à un discours pour lui exploiter ses qualités de suggestion. Sur cette base, on pourrait reconsidérer l'art de présenter et de saisir les implications sur le design des outils d'assistance explicative.* Bien que l'exposition des gens aux

présentations soit largement répandue (donnons seulement l'exemple de la télévision), bien que la théorie de la conception des discours pénétrants (influent) soit développée, on dispose de peu de recherche en technologie éducationnelle sur les instruments pour faciliter "l'art de se laisser enseigner". Quant à l'art de convaincre et de conquérir un auditoire (rhétorique), elle est rarement vue comme un auxiliaire de "l'apprentissage par compréhension consentante".

Je reviens ainsi à une préoccupation traditionnelle: comment préparer le discours explicatif pour améliorer la compatibilité et la motivation de l'apprenant? Plusieurs approches sont possibles:

*La formule personnalisée, adaptée, consiste à:*

- Saisir correctement l'évolution des motivations de l'apprenant.
- Comprendre ses caractéristiques cognitives (les connaissances, les particularités de perception et de compréhension, les possibilités de concentration) pour chercher la compatibilité.
- Modifier à tout moment le discours en fonction des caractéristiques transitoires observées, de manière à produire une explication dynamique efficace.

Cette solution, que "l'explication synchrone" permet, combine la force de conviction du discours avec l'adaptation à l'apprenant. *Elle est possible dans l'enseignement "d'un à un"* dont le grand potentiel est peu discuté, probablement en raison du fait qu'on ne peut pas se l'offrir souvent dans la société moderne. Dans la pratique pédagogique, c'est une "solution de luxe". Le fait que l'enseignant doit s'adresser à un groupe d'étudiants, parfois même non homogène, est suffisant pour transformer la danse bipolaire en un vœu pieux. Le temps perdu par les élèves n'étant peu considéré, on a l'impression de réduire à 50% l'effort éducationnel en partageant à trente apprenants un seul enseignant. En réalité les élèves perdent beaucoup de temps à cause de l'absence d'un partenaire qui leur soit dédié. Il n'est pas sûr qu'une économie explicative globale soit réalisée par l'enseignement de masse! Dans une salle de classe, un feed-back individuel grossier et intermittent a pourtant lieu. Dans le cas de l'enseignement par "mass-média", ces rudiments d'adaptation sont éliminés et c'est la qualité du discours qui fait la différence.

*La formule "broadcast", adaptable, consiste à:*

- Faire une estimation de l'espace des capacités et des motivations du public cible;
- Préparer l'exposition de telle manière que sa poursuite soit facile, enrichissante, stimulante, facilement synchronisée;
- Offrir des choix, des alternatives bien préparées et contrôlées.

L'emphase n'est plus sur les paramètres d'un apprenant particulier mais sur l'intelligibilité potentielle du message. On mise sur l'adaptation de l'auditoire, sur "l'accordage" naturel et dynamique des récepteurs à l'émission. Le présentateur n'adapte pas, *il prépare un message conçu pour faciliter l'adaptation des spectateurs*. C'est à cause de ce mécanisme que l'école, la télévision, les livres, les présentations publiques ont réussi leur mission. Le résultat est intéressant dans des situations spécifiques. La dépendance réduite des particularités du public accroît la "portabilité" du discours. Les instruments d'enregistrement et de reproduction font le reste. On profite ainsi d'une culture commune et on l'enrichit. On disperse le savoir et on le propage dans le temps. Un important avantage "économique" explique aussi le succès de la solution. Un atout qualitatif supplémentaire est la fidélité de la reproduction d'une "pensée experte".

***La formule automatique, adaptative consiste à:***

- Modéliser le sujet, la compréhension, l'apprentissage, l'explication, la synchronisation
- Concevoir un noyau explicatif adaptable
- Placer l'apprenant en face d'un automate capable d'adapter dynamiquement l'explication en fonction de ses réactions.

Cela suppose que les principes de l'explication artificielle soient établis. Quels sont les paramètres (les dimensions) d'une explication? Comment des caractéristiques comme "la force de conviction" (de suggestion, etc.), "l'expressivité", "le charme", "la cohérence", "la continuité", "l'accord" peuvent être modelées et simulées? Comment peut-on transformer les informations dans des explications? Comment peut-on générer des explications à partir d'une structure statique des connaissances? Mais aussi comment générer une structure d'exploration des connaissances autour d'un discours? Comment peut-on récupérer la résonance stimulante produite par un orateur humain talentueux?

Les difficultés d'équiper un instrument (ordinateur) avec une capacité d'observation et de compréhension de l'apprenant suffisamment raffinée pour générer un discours explicatif adapté sont encore prohibitives. Pour avancer vers "l'adaptativité", nous avons besoin, parmi bien d'autres outils techniques et théoriques, d'un modèle de la distribution de l'initiative pendant la coopération explicative.

## Chapitre C4: Deuxième étape de la modélisation

- essai sur les sources et les difficultés de la modélisation pluridisciplinaire de l'explication-

### Une étude multidisciplinaire

La surface et l'éclectisme de mon incursion bibliographique à la recherche des descriptions de l'explication, ainsi que le mécanisme de discours de ma thèse, m'empêchent de faire ici l'habituelle revue de la littérature, ouvrage par ouvrage, idée par idée. Un récit de lecture complet occuperait trop d'espace. Je ne peux que présenter un survol. En choisissant l'expression de mes impressions globales, je suis conscient que mes considérations peuvent ne pas s'appliquer à certains ouvrages, surtout à ceux que je n'ai pas dépouillés. Je n'ai pas l'ambition d'être exhaustif ou d'avoir toujours raison. Mon récit de méditation bibliographique suppose cette fragilité dans l'espoir que ma sincérité sera raisonnablement pertinente.

J'ai commencé la lecture par des ouvrages en technologie de l'éducation. Malheureusement, en dépit des efforts de ceux qui essayaient de définir ce jeune domaine comme un exemple d'ingénierie, je ne réussissais pas à en repérer des manifestations typiques. Il n'était pas facile de découvrir la science qui était le fondement de l'ingénierie de l'éducation (de la même façon que l'ingénierie de la télévision se base sur la science de l'électronique et des télécommunications, etc.). Les quelques ouvrages qui se déclaraient tributaires de la théorie de l'optimisation des systèmes ne réussissaient pas à me convaincre que cette filiation était plus que symbolique, car ils contenaient plutôt des schémas d'organisation empiriques que des démarches déductives rigoureuses. Dans la majorité des cas, les technologues de l'éducation se rapportaient uniquement aux sciences de l'éducation, faisaient appel à ses modèles, à ses stratégies et à ses paradigmes. C'était, pour moi, un peu étrange. La pédagogie, une macro-théorie conçue pour des enseignants et des auteurs, me semblait insuffisante comme fondement d'une ingénierie de conception d'instruments et de systèmes d'assistance explicative. L'optimisation systémique demandait des études solides de la théorie des systèmes physiques complétée par une théorie qui adapte ses méthodes au contexte des systèmes explicatifs. La dimension physique et perceptive des messages demandait une étude complexe des processus de compréhension, de communication et de télécommunication. L'étude de rapport bipolaire ou multipolaire réclamait une expertise sur la coopération et la négociation.

J'ai donc été déconcerté par la littérature de la technologie de l'éducation. J'y rencontrais d'une part, une gigantesque collection d'observations intéressantes mais peu structurées, concernant le développement ou l'utilisation des instruments dédiés à l'instruction. D'autre part, j'y trouvais les modèles d'intervention de "l'Instructional Design" dont je ne saisisais pas très bien la pertinence. Réorganisant dans une multitude de formules les lieux communs de la pédagogie et du "management", ces guides de planification de l'instruction

me semblaient dédiés plutôt à aider des technologues à suppléer à une faible expertise (talent) de certains enseignants. Des “paradigmes” pédagogiques étaient invoqués comme support théorique pour ces recommandations; cependant la chaîne qui liait les macro-principes des micro-indications me paraissait peu solide.

A mon opinion, pour passer du bricolage à la technologie, il fallait aborder de front les difficultés de l'adaptation des théories de la gestion, de l'optimisation et du développement des systèmes pour le cas de l'instruction. Cela était nécessaire pour définir de façon cohérente des solutions de compromis comme la semi-modélisation, l'analyse qualitative, la modularisation, l'intégration des aspects physiques et sémantiques pour soutenir le dialogue entre les fabricants d'instruments et les utilisateurs, etc.. Au lieu de cette approche, les articles sur la technologie de l'éducation qui visaient ses fondements naviguaient avec passion dans les eaux des débats sur le “behaviourisme” versus le “cognitivisme” versus le “constructivisme”. Le fait de se déclarer “cognitiviste” était plus important pour un théoricien de la technologie de l'éducation que de se déclarer, par exemple, adepte du “synchronisme” ou de “l'asynchronisme”. Cela me faisait percevoir la tendance souterraine vers une interprétation sémantique de l'ingénierie de l'instruction. Il était évident que les théoriciens éludaient le premier mot de la syntagme "technologie de l'éducation" en faveur du dernier. J'avais peur que les praticiens... fassent le contraire.

Je soupçonnais une désynchronisation entre la théorie et la pratique du domaine et une confusion entre l'ingénierie de l'instruction, celle de la fabrication des instruments d'instruction et celle de l'organisation des systèmes d'instruction. Le débat cognitivisme-behaviourisme me créait surtout cette impression. Probablement qu'être cognitiviste était plus commode en théorie qu'en pratique, plus naturel en faisant de l'instruction qu'en s'occupant de l'organisation des systèmes d'instruction. Comment l'ingénieur d'un système si complexe, englobant hommes, objets, concepts et énergies, aurait-il pu adopter avec tant d'enthousiasme une doctrine cognitiviste pure, en n'observant pas le comportement des acteurs? Pourrait-il négliger des relations entre les protagonistes, éluder la topologie et la physiologie du système global, pour se concentrer sur l'univers intérieur de l'apprenant, dans l'espoir d'en extraire les spécifications de design? Un ingénieur de système explicatif anti-behaviouriste ou anti-cognitiviste me semblaient deux non-sens symétriques.

Une autre tendance qui m'intriguait était de couper en deux l'acte de l'explication pour parler des “authoring tools” et des “learning tools” plus que de la communication expert-novice par l'intermédiaire des instruments. J'y voyais la manifestation d'un désir (probablement inconscient) d'expulser l'enseignant et à construire des connaissances à sa place. Obligeant un auteur à concevoir “un bloc de ressources” et un lecteur de construire seul un sens en explorant ce bloc, ne désavantageait-on pas le discours explicatif (cas asynchrone) ou la résonance explicative (cas synchrone). Le constructivisme (cognitivisme) était utilisé

comme justification théorique d'une séparation dont le vrai mobile me paraissait plutôt économique. Cela était paradoxal car si l'élève développait son propre arbre interne de savoir, qui pourrait l'aider, sinon celui qui était près de lui pour l'observer ou celui qui lui offrait des discours très cohérents?

Je ne peux pas m'étendre ici sur cette analyse. Dans la bibliographie annexée à la thèse, j'ai organisé les ouvrages liés à la lecture sur la "technologie de l'éducation" en quatre catégories: *b7 Instruments explicatifs; modalités et média ; environnements* (ouvrages dédiés à la fabrication des instruments d'assistance à l'instruction); *b10 Ingénierie: évaluation, optimisation, reproduction, planification, gestion* (ouvrages dédiés à l'organisation efficace de l'instruction et des systèmes instructifs); *b11 Applications des systèmes explicatifs des contextes particuliers* (ouvrages dédiés à la pratique des systèmes d'instruction placés dans leurs contextes d'application: école, entreprise, éducation à distance etc.); *b8 Conception de l'explication: phénomènes, tactiques et techniques* (aspects liés à la conception des messages explicatifs, donc à l'ingénierie explicative sémantique).

Le contact avec cette littérature m'a convaincu qu'elle ne pouvait pas représenter seule un fondement pour mon projet de modélisation. J'ai suivi le problème de "l'ingénierisation" de l'instruction dans toutes les directions qui me paraissaient pertinentes. Pour approfondir l'étude de l'explication comme double processus, physique et cognitif, je me suis lancé dans une multitude de pistes de lecture.

J'ai trouvé beaucoup d'observations intéressantes sur le rituel explicatif dans la littérature pédagogique, mais deux constatations m'ont déterminé à ne pas me limiter à cette piste:

1. La théorie de l'éducation traitait le processus explicatif au niveau des macro-recommandations dont les acteurs humains avaient besoin. Elle ne descendait pas généralement au niveau microscopique nécessaire pour orienter la développement des nouveaux instruments.
2. Mon expérience didactique et celle d'observateur attentif à l'acte explicatif m'avaient permis de comprendre directement la sémantique de l'explication. Les considérations que je trouvais dans la littérature étaient probablement plus importantes pour ceux qui n'avaient pas une expérience pédagogique intense. Bien sûr que des idées comme ceux de Piaget, Vigotski, Gagné, etc. m'ont enrichi, ils ont renforcés mes convictions d'adopter un paradigme. Je voulais d'ailleurs rester éclectique, car mon but était de comprendre les processus de l'interaction explicative, tenant compte des toutes les variations, y compris celle de la doctrine pédagogique impliquée.

J'ai ainsi dirigé mes lectures en sciences de l'éducation vers des essais d'analyse micro- phénoménologique ... sans trop de succès. En cherchant dans des bases de données contenant des articles en éducation (comme ERIC), des expressions comme "le processus de l'explication", "la modélisation de l'explication", "le

phénomène de l'explication", "l'étude de l'explication" ou même des expressions analogues obtenues en remplaçant le terme "explication" par "instruction", "discours pédagogique", etc. je n'ai presque rien trouvé. Je découvrais ainsi que le problème de la micro-description des rituels explicatifs était plutôt abordé par une pléthore de disciplines... que j'ai parcourues avec un mélange de curiosité, de fascination, de plaisir et d'exaspération.

Ainsi j'ai trouvé en épistémologie des débats très intéressants sur le mécanisme justificatif de l'explication, piste d'étude que j'ai complétée avec des lectures en logique et en sémiotique. J'ai résumé ma lecture portant sur le savoir dans la bibliographie : **B1. Sujet : sens, structure, logique, didactique.**

Pour aborder les phénomènes intérieurs de la réception et de l'émission de l'explication, je me suis dirigé vers la psychologie qui m'a renvoyé à la neurophysiologie et aux sciences cognitives. La psychologie organisait un gigantesque ensemble d'observations, d'analyses, d'expériences et de concepts pertinents pour mon problème, mais s'arrêtait (naturellement) aux effets intérieurs. J'observais pourtant avec intérêt l'invasion du monde extérieur dans des pistes d'étude comme la psychologie sociale, interpersonnelle ou du développement. J'ai interprété ces tendances comme des gestes visant la récupération de l'unité.

Pour comprendre les entités et les processus impliqués dans l'explication, j'ai poursuivi avec attention les aspects liés au fonctionnement de la mémoire, de la pensée, de la motivation, de la décision, de l'action, en faisant attention aux facteurs extérieurs qui pouvaient les influencer. La psychologie et la neurophysiologie m'ont permis de m'expliquer certaines observations de mon expérience sur les méthodes efficaces d'enseigner. Les études qui m'ont intéressé le plus se concentraient sur le phénomène de la perception: la vue, l'ouïe, l'attention distributive. Ces aspects étaient essentiels pour celui qui cherchait les racines d'une physiologie de l'explication. Je voulais comprendre l'implication du geste d'approfondir un texte, de remplacer un commentaire textuel par une version auditive, d'utiliser une carte pour orienter la compréhension, de présenter deux stimulus en parallèle ou en cascade, ce que les éléments de la sémantique de l'explication n'abordait pas. Je voulais étudier la possibilité d'une assistance cognitive non seulement sur le contenu mais aussi sur la modalité d'un message afin d'aider l'élève à dépasser les difficultés perceptives.

Les sciences cognitives me fournissaient des tentatives très intéressantes de modélisation du phénomène de la compréhension, souvent dans le but d'offrir des outils à l'intelligence artificielle. Ce faisant, elles ont généré des débats importants sur les limites de la simulation et sur le problème de la modélisation des phénomènes cognitifs. J'ai placé dans la bibliographie **b2 Cognition: mémoire, apprentissage, raisonnement, perception, savoir** les ouvrages de psychologie- neurophysiologie-sciences cognitives qui ont attiré mon attention. Quant au problème de l'intelligence, je l'ai lié à celui de l'adaptation, de la rétroaction,

de la métamorphose et de l'évolution , ce qui m'a obligé à une lecture variée, résumée dans la bibliographie **b9 Variation, adaptation, intelligence, évolution.**

J'ai observé avec un intérêt spécial les phénomènes physiques transitoires (perception, mémoire temporaire, attention distributive, processus cognitifs sériels et parallèles, action, participation au dialogue). Ils m'intéressaient pour renforcer mes intuitions sur des sujets comme: la combinaison sérialité-parallélisme, l'unité temporelle du discours, la présentation sur plusieurs pistes. Les schémas statiques de la cognition n'étaient pas suffisants. Il ne reflétaient pas la cinématique (les évolutions cognitives) et encore moins la dynamique (les processus mettant en cause des énergies et déclenchés par des motifs) . Les sciences cognitives avaient déclenché les recherches sur la dynamique de la cognition, autour des projets et des revues interdisciplinaires comme: "Discourse process", "Mind and Language", "User Modelling and User Adapted Interaction", etc. La psychopédagogie faisait aussi des observations intéressantes sur les régimes transitoires de la compréhension et du dialogue. J'ai organisé une bibliographie séparée pour les ouvrages traitant les aspects dynamiques: **b3 Processus cognitifs ; compréhension du discours; sérialité et parallélisme.**

Dans la recherche d'une caractérisation des processus d'interaction communicative, que l'explication impliquait, j'ai eu d'autres sources d'inspiration. Les informaticiens se heurtaient à ce problème au moment où ils voulaient faciliter le dialogue entre l'homme et l'ordinateur et ils avaient ouvert des créneaux vigoureux de recherche dans des directions comme l'ergonomie et le design des interfaces graphiques (GUI), l'interaction homme-machine (HCI), l'utilisation des instruments, l'adaptation. Ils promouvaient une pléthore de nouvelles technologies: multimédia, hypermedia, CMC, CAL, ITS etc. Ils se sont aussi lancés dans l'étude rigoureuse de la modalité d'expression des messages et dans la modélisation des agents et de la coopération (multimedia, natural language processing, diagrammatic reasoning, user modelling, etc) sous la pression des possibilités que ces nouvelles technologies avaient ouvertes. Ils ont fait ainsi de grands pas en avant dans une direction où les ingénieurs d'instruction aurait dû se manifester davantage... Nous trouvons aujourd'hui les résultats d'ingénierie explicative plutôt en dehors des sciences de l'éducation!

Dans ma recherche d'une l'explication par travail en triangle, expert-ordinateur-novice, j'ai dû " balayer " plusieurs disciplines, pour regrouper des ouvrages placés dans la bibliographie : **b5 Coopération et la négociation des décisions.** Pour l'étude de l'aspect action, si important pour l'enseignement des procédures, j'ai dû aussi scruter une multitude de directions pour arriver à la bibliographie **b6 Action et pratique; exploration et assistance.**



La réponse à la provocation des informaticiens est venue de plusieurs directions. Les linguistes sont intervenus dans l'étude de la formalisation du langage en participant aux dialogues interdisciplinaires comme "Discourse Process" et "Natural Language Processing". Les psychologues sont intervenus dans les débats en "Cognitive Science", HCI, "Visual Reasoning", etc. Les mathématiciens et les logiciens contribuèrent en "Machine Learning", "Expert Systems", "Intelligent Agents" ou "Parallel Processing". Enfin les technologues de l'éducation se sont impliqués en Multimedia, Hypermedia, CAI, ITS, ou dans des domaines d'intégration comme "Distance Learning", "Virtual Classroom", "Cooperative learning". Je ne trouvais que rarement les points de vue des ingénieurs d'instruction dans des domaines comme la théorie des systèmes, la théorie de la transmission de l'information, les théories de la communication et des télécommunications, les systèmes de support à la décision, les sciences cognitives, etc. Leur faible présence dans les débats théoriques fondamentaux reflète, à mon avis, qu'au-delà de leurs aspirations théoriques, ils sont encore plutôt des praticiens.

Leur intervention serait pourtant naturelle dans le domaine des communications, que parfois j'ai tendance à considérer comme une base théorique plus propice pour la technologie de l'instruction que les sciences de l'éducation, ou pour le moins, complémentaire. C'est dans la théorie des communications que j'ai trouvé une préoccupation cohérente pour la physiologie de la "paire humaine communicative". Le fait que le but de la communication n'est pas explicitement instructif ne diminue en rien l'intérêt des modèles établis dans les sciences et les techniques de la communication pour l'ingénierie de l'instruction. En définitif, un acte instructif est aussi une communication et dans une certaine mesure tout acte de communication a des valences instructives. Pour moi ce qui était important dans la science des communications était la double vision sémantique-physique sur le processus de dialogue et la préoccupation majeure pour "la paire humaine résonante". Il fallait maintenant particulariser les observations sur la communication pour le cas du dialogue explicatif, en utilisant les observations faites en éducation. J'ai organisé dans la bibliographie **b4** *Communication: résonance, synchronisation, interaction et interface* une liste des sources de ma méditation sur la résonance communicative.

Pour parvenir à un modèle unitaire, je sentais le besoin d'une synthèse interdisciplinaire. Une meilleure communication entre les disciplines me paraissait nécessaire. J'ai cherché partout des tentatives d'intégration, des synthèses multi-dimensionnelles, des descriptions plus riches du phénomène explicatif. Dans la dernière bibliographie : **b12** *Le métabolisme global de l'explication, son observation et sa description*, j'ai sélectionné des ouvrages qui m'ont inspiré dans cette direction.

Mon étude bibliographique m'a conduit à quelques conclusions générales:

- Le système de l'explication est extrêmement complexe et génère une problématique encore plus complexe.
- Ce système est observé par un impressionnant nombre de disciplines, qui utilisent, pour former des images partielles sur le phénomène, leurs propres filtres d'analyse.
- La synthèse de toutes ces images dans une vision pluridisciplinaire, pour poser les bases d'une science unitaire de l'explication est une entreprise difficile.

J'ai continué pendant six ans (1993-1999) l'analyse de la bibliographie qui touche la problématique de l'explication. Ce fut un travail gigantesque, qui m'a noyé dans un océan de fiches, de titres, de disciplines, de noms, de mots clefs et de problèmes et qui m'a déterminé, par son extension immense, à une lecture parfois superficielle. À la recherche des observations qui m'intéressaient, je n'ai pas pu toujours scruter en profondeur les contextes où ces observations avaient été faites. J'ai essayé de lutter contre cette faiblesse, étudiant pendant un certain temps la littérature de chaque domaine particulier, tout en maintenant un survol des grands horizons disciplinaires. Finalement l'ensemble de mes observations bibliographiques est devenu si éclectique, que j'ai pris la décision, après une multitude d'essais de faire une analyse bibliographique du matériel dépouillé (dont la simple gestion était devenue problématique) et, de ne plus en parler explicitement dans la thèse!

Ces ouvrages ont eu une influence globale sur ma vision de l'explication. Il m'était devenu impossible de préciser les sources exactes de ces influences sans perdre beaucoup de temps pour une opération qui m'apparaissait douteuse et peu utile dans l'économie de ma thèse. J'ai cru plus profitable d'organiser une bibliographie thématique (qui se trouve dans l'annexe IV de la thèse) en fonction de la décomposition de la problématique présentée dans le chapitre C6.

### **Le besoin de synthèse et la méthodologie systémique**

L'exercice de lecture interdisciplinaire m'a convaincu que l'intégration de tant de visions sur l'explication posait des problèmes méthodologiques difficiles à ma thèse. Le séminaire de méthodologie de recherche m'a aidé à saisir que ce n'était que la méthode systémique qui pouvait me permettre une intégration raisonnable des observations car elle adoptait une gnoséologie en concordance avec *l'essence ontologique systémique* du phénomène que je voulais modéliser.

Le problème de la méthodologie avait un rapport spécial avec mon sujet de thèse, car il était, à la fois un instrument et un exemple. Mon activité de rédaction devenait mon expérience la plus fraîche d'organisation d'une explication! Elle devrait, j'ose espérer, provoquer chez le lecteur de ma thèse, une expérience aussi fraîche de réception d'explication... Il était donc normal d'organiser mon discours sur l'explication en fonction de mes propres conclusions sur la façon d'expliquer. Je me suis décidé d'exprimer mes idées par

deux mécanismes, celui d'énoncés explicites et celui d'une illustration implicite, inoculée dans l'organisation de la thèse.

Lors de l'examen de synthèse que j'ai soutenu en 1995, j'ai quitté la façon discursive, sérielle de présentation et j'ai adopté une présentation parallèle, appropriée à ma situation. Je voulais décrire un système à anatomie complexe, vivant une riche physiologie et que je ne pouvais organiser que dans un "espace problématique", reflété par un ensemble de disciplines en interaction dans une multitude d'images partielles corrélées. Je n'avais pas réussi la modélisation complète de la morphologie ou de la physiologie du système explicatif à cause d'un ensemble de motifs qui formaient à leur tour un système, tout comme l'ensemble de mes questions.

Ne réussissant pas à trouver la "voie royale" dans la forêt de ces éléments, je les ai organisés dans des "cartes d'idées". J'ai essayé de signaler les liens entre les composantes et entre les parties de ma description: 1. Le système de l'explication (les acteurs, leur rôles, leur rapports). 2. Le système de la problématique de l'explication (les aspects étudiés). 3. Le système des disciplines qui l'observent. 4. Le système des ouvrages dépouillés. 5. Le système de mes essais sur l'explication. 6. Le système des difficultés que j'ai du affronter dans ma tentative de modélisation.

J'ai fait déjà quelques commentaires sur les disciplines et la bibliographie que les cartes 3 et 4, organisaient autour de la décomposition en trente-cinq problématiques, opérée dans la carte 2. Le chapitre C6, qui actualise l'ancienne carte de la problématique, montre que le lien entre les problèmes énumérés est si profond, qu'ils ne peuvent pas être réellement isolés. Pourtant, je n'ai pas pu décomposer autrement une physiologie si complexe, si hybride, si labile, résultant de l'interférence d'une multitude de processus. J'ai utilisé cette même carte pour synthétiser l'espace des questions posées par l'étude de la physiologie, ce qui m'a donné l'idée de l'appeler "la carte de ma perplexité".

La carte 1 contenait un premier essai de modélisation globale de l'anatomie du système explicatif. Elle soutenait une analyse de la division du système en composantes et montrait leur rapports en nous obligeant à ne pas perdre de vue l'aspect unitaire, organique de l'ensemble, même quand nous étions intéressés par le métabolisme d'une partie. Le chapitre C5 contient une nouvelle version de cette carte. Conscient des limites de ces représentations, j'ai repris et réorganisé le système (5) des essais élaborés pendant l'étape précédente. Le besoin de cette forme descriptive narrative, fluide, était justifié par la carte 6, qui synthétisait mes observations sur les difficultés de la modélisation de l'explication. J'ai placé dans l'annexe II une actualisation de cette carte-synthèse qui résume les observations sur les difficultés de modélisation, formulées tout au long de la thèse.

## Chapitre C5:Essai sur la morphologie de l'explication:

- des cartes avec les acteurs et les sous-systèmes-

### Le système de l'explication effective

**L'Explication:** C'est l'aide qu'un "expert" offre à un "novice" pour la compréhension d'un sujet par l'intermédiaire d'un instrument. La communication du savoir peut se faire directement ou par une chaîne de composition-utilisation. L'instrument porte un message explicatif qui représente le sujet.

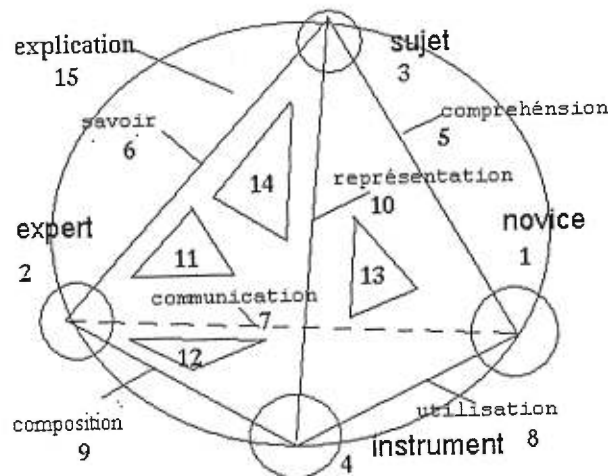


Figure C5.1 Pyramide de l'explication

Chaque acteur humain a ses buts, son rôle, son comportement et son système intérieur, influencés et influençant le processus global. Entre les acteurs, il y a des rapports, des moments de communication, des relations interactives soutenues par l'objet-instrument (tableau noir, livre, ordinateur). Les acteurs établissent en interaction continue l'évolution du système d'explication-compréhension.

Les composantes, considérées dans la synthèse morphologique, présentées ici, définissent une multitude de "mono-pôles", "bi-pôles", "tri-pôles" ou "multi-pôles" importants pour la compréhension de certaines circonstances. Leur analyse ne saurait pas être exhaustive. Elle ne vise que "l'expressivité". La séparation des sous-systèmes du système d'explication, plus ou moins explicite, plus ou moins nette, est opérée dans des disciplines qui focalisent leur recherche sur certains aspects. Bien que le caractère unitaire du système global soit reconnu, bien que l'influence des parties "négligées" impose de plus en plus d'attention, les textes "spécialisés" devraient vérifier encore plus attentivement l'effet de la séparation artificielle des "parties" dont ils veulent comprendre le fonctionnement. Le but de cette carte est de poser le problème de leurs interférences et de leur intégration.

En supposant que le sujet de l'explication a été fixé pour satisfaire certains besoins, que l'instrument explicatif a été déjà conçu, que le contexte de l'explication a été établi, nous arrivons à la phase de l'explication effective, vécue dans le système expert- sujet- instrument- novice. Cette pyramide peut être vue dans son ensemble ou décomposée en quatre composantes- sommets, en six relations- cotées en quatre faces- triangulaires. Regardons de plus près ces décompositions.

### ***1. Le sous-système du novice (élève, apprenant, assisté, récepteur, utilisateur)***

**Description** L'explication vise la transformation du sous-système du novice. Celui-ci possède des connaissances et des caractéristiques psychologiques. Il est engagé dans un processus de dialogue avec ses partenaires. Il reçoit et traite des excitations venant de plusieurs directions, qui influencent ses processus cognitifs. Il entretient avec le sujet (la matière à étudier) un rapport qui se constituera en une réplique interne évolutive de celui-ci.

**Séparabilité** Les études de l'univers psychologique de celui qui est assisté sont nécessaires pour comprendre son activité. Mais pour avoir une interprétation complète des phénomènes cognitifs, il ne faut pas éluder le reste du système (le partenaire, l'instrument, la réalité). Cet aspect est saisi aujourd'hui par les psychologues qui parlent de " cognition sociale ", de " co-construction du sens ", de " psychologie du dialogue ", de " perception interpersonnelle ", etc.

**Domaines intéressés** La psychologie, la neurophysiologie, les sciences cognitives, la psychopédagogie; les sciences du comportement.

### ***2. Le sous- système de l'enseignant (l'assistant, le guide, le présentateur)***

**Description** C'est le deuxième pôle de la résonance explicative. Nous retrouvons dans son cas les phénomènes de la compréhension et du dialogue. La position d'émetteur de celui qui explique apporte en discussion les mécanismes de la création. L'enseignant vit une évolution intérieure, il construit un discours. A l'écoute de l'assisté, il doit changer de posture et devenir récepteur.

**Séparabilité** L'approche cognitiviste ne s'est pas penchée assez sur les processus psychologiques de l'enseignant. Déconsidérer ce sous-système risque d'attarder la compréhension de l'ensemble. L'application exclusive du constructivisme à l'apprenant peut créer des déséquilibres dans la pratique de l'éducation.

**Domaines** Les sciences de l'éducation, la psychologie de la créativité, la formation des enseignants.

### ***3. Le sous-système du sujet (le concept, le savoir, le curriculum, l'objectif, l'information)***

**Description** Le sous-système du savoir à expliquer a sa propre structure. Il est choisi en fonction d'une application, il est établi par un expert, il est présenté par un auteur ou par un enseignant. C'est l'information

qui se propage par la communication. C'est une image partagée, vécue par les acteurs, réifiée dans un message placé sur un support. On ne peut pas parler de l'explication si on n'utilise pas ce pôle, même abstrait, immatériel. Pour éliminer les ambiguïtés, considérons que le sujet (curriculum) est matérialisé dans un programme analytique, dans un plan de cours, dans une leçon, etc.

**Séparabilité** Les épistémologues construisent une théorie logique de l'explication en isolant ce sous-système. Les philosophes se demandent si le savoir a une essence abstraite autonome, détachée de toute conscience, ou bien s'il exprime une interaction. Pour comprendre *le processus* de l'explication, la réduction aux " transformations des systèmes de connaissances " n'est pas suffisante.

**Domaines** Le curriculum, la didactique, la logique, la philosophie, l'épistémologie

#### **4. Le sous-système de l'instrument explicatif (le support, l'outil)**

**Description** Qu'il s'agisse du tableau noir, d'un livre, d'un téléviseur ou d'un ordinateur, on fait recours à des instruments pour matérialiser et transmettre les messages. Parfois ils se résument à laisser passer les signaux, parfois ils les codent et décodent, parfois ils les mémorisent. Les supports de communication ont leur propre structure et souffrent souvent de transformations pendant l'utilisation. Ce sont des sous-systèmes évolutifs à prendre en compte.

**Séparabilité** L'isolation de ce sous-système à des fins d'analyse est utile pour le *design et la fabrication des instruments*. Si l'étude vise l'orientation du *design de l'explication*, les liens avec les autres composantes doivent être observés.

**Domaines** La technologie éducationnelle, l'informatique, les techniques diverses.

#### **5. Le sous-système novice-sujet (la compréhension, l'apprentissage)**

**Description** L'utilisateur et le sujet à étudier forment le sous-système essentiel de la compréhension. L'utilisateur fait naître sa propre image du sujet étudié dans l'espace de sa conscience. Il est difficile de séparer le sujet en soi et le sujet intériorisé et de définir exactement le rapport entre les deux. L'utilisateur est à la fois explorateur (visiteur) d'un curriculum, consommateur de son contenu, multiplicateur de sens dans sa mémoire.

**Séparabilité** Si la philosophie ou la psychologie tentent d'isoler ce sous-système pour arriver à des résultats importants pour leurs domaines d'étude, une théorie de l'explication ne peut pas le faire, sans s'éloigner de sa raison d'être. L'explication suppose que la compréhension est facilitée par un autre.

**Domaines** La sémantique, la philosophie, les théories de l'apprentissage.

#### **6. Le sous-système enseignant- sujet (l'expertise)**

**Description.** Ce sous-système est symétrique au précédent, avec cette différence significative qu'il ne s'agit plus de celui qui apprend un sujet, mais de celui qui sait le décrire. C'est l'inverse de l'apprentissage car le savoir est "l'entrée" et la description, "la sortie" du processus. En voyant la connaissance de l'expert comme un but à atteindre par l'étudiant, le savoir de l'expert est un facteur d'orientation.

**Séparabilité** On fait l'étude des caractéristiques du savoir "expert" comme source potentielle d'explication, cherchant les indicateurs de l'autorité et analysant le lien entre savoir une chose et savoir l'expliquer. Mais nous ne pouvons pas séparer nettement des processus cognitifs comme acquérir, posséder, exprimer et partager le savoir.

**Domaines** La sémantique, l'épistémologie, les systèmes experts.

#### **7. Le sous-système enseignant- apprenant (la résonance, la communication)**

**Description** C'est l'axe central du mécanisme explicatif. Tout comme l'inséparable lien être-descendant qui définit la reproduction, la multiplication des connaissances est bipolaire. Les deux "pôles" résonnants déterminent le succès du processus de communication.

**Séparabilité** L'explication est une aventure communicative bipolaire immergée dans un système plus large. Nous ne pouvons pas comprendre la communication en l'isolant de ses buts, de son sujet, de son support et de son contexte.

**Domaines** Les sciences de la communication, le processus du discours, la linguistique, la théorie de l'information.

#### **8. Le sous-système novice- instrument (l'interface)**

**Description** Le rapport du novice- utilisateur avec l'instrument est important pour le processus de la compréhension. C'est un rapport physique- psychique avec des caractéristiques hybrides. C'est la manifestation visible du mécanisme invisible de la communication avec l'auteur absent ( dans le cas asynchrone) ou présent (dans le cas synchrone). Il s'agit de la matérialisation de la relation avec le sujet.

**Séparabilité** Les études de la relation homme- instrument sont importantes pour le design de l'explication. Mais elles ne doivent pas oublier le cadre général qui donne un sens à cette relation. La tendance à traiter l'explication à partir d'un angle "instrumental" pur est aussi inopportune que celle d'oublier la position interposée de l'instrument entre l'apprenant, le sujet et l'enseignant.

**Domaines** L'ergonomie, l'interface homme- machine, le multimédia.

### **9. Le sous-système enseignant- instrument (l'intervention, la démonstration)**

**Description** Dans le cas synchrone, le présentateur peut alterner la communication directe avec des gestes de composition, de livraison et de réglage opérés sur l'instrument pendant l'explication. Pour l'enseignement basé sur le travail coopératif, cet axe est en symétrie par rapport à l'axe 8. Dans le cas de la présentation asynchrone, l'enseignant peut intervenir dans le processus d'adaptation de l'outil.

**Séparabilité** La tradition de l'utilisation des matériaux pédagogiques par les présentateurs est ancienne, mais son métabolisme a été peu étudié. Il y a encore peu d'études sur l'intervention de l'enseignant dans l'enseignement assisté par ordinateur. Pour orienter cette opération, nous sommes obligés de tenir compte des actions du novice- partenaire. Les deux interfaces doivent être corrélées.

**Domaines** La technologie éducationnelle, la didactique, les interfaces.

### **10. Le sous-système sujet- instrument (la représentation, la réification, le message) .**

**Description.** C'est l'axe extra subjectif de l'explication. Le voyage intermédiaire du savoir dans le monde objectif. Le miroir extérieur du miroir intérieur. Quand le sujet est incorporé dans l'instrument ou quand il est transmis par son intermède, l'objet et l'idée s'imbriquent. Le rapport entre représentant et représenté est étudié en sémiotique. Les manières de symbolisation, de codage et de décodage font l'objet de la théorie de l'information. D'autres préoccupations mettent l'accent sur la fidélité, sur la "compréhensibilité", sur l'expressivité (visualisation, métaphore, modélisation).

**Séparabilité** Les études sur cet axe peuvent produire des critères d'objectivation, d'évaluation, d'étalonnage. Tout jugement sur le rapport entre le signe et le sens suppose la présence des acteurs humains synchronisés qui puissent coder et décoder des messages. Pour comprendre le rapport entre l'objectif et le subjectif, l'extension de l'analyse vers l'ensemble du système est inévitable.

**Domaines** La sémiotique, la linguistique, les langages visuels, la représentation et les bases des connaissances, la théorie de la modélisation.

### **11. Le sous-système novice-sujet-enseignant (la présentation, le discours, le dialogue)**

**Description** L'enseignant aide le novice à comprendre un sujet. Ce triangle est l'ossature de l'explication directe. Il peut aussi servir de référence pour l'explication indirecte si on considère que l'instrument n'a qu'un rôle intermédiaire dans la communication.

**Séparabilité** Les stratégies ou les méthodes pédagogiques peuvent être établies en étudiant ce triangle. Mais si nous voyons la communication comme une transmission instrumentée par des mots et des gestes ou si nous voulons tenir compte du rapport avec les instruments, nous sommes poussés vers le modèle quadripolaire de l'explication qui nous permettra de traiter de manière adéquate la dimension sémiotique et instrumentale de l'explication.



**Domaines** Les communications, les sciences de l'éducation, la rhétorique, la didactique.

### *12. Le sous-système novice-instrument-enseignant ( l'interaction, la négociation)*

**Description** La communication indirecte (synchrone ou asynchrone) nous intéresse dans le cas de l'utilisation des instruments de communication ou de coopération. L'étude de l'interaction triangulaire est importante pour combiner une ingénierie sémantique avec une ingénierie de la coopération par instruments.

**Séparabilité** L'étude de ce système offre des indications importantes sur les interactions, sur la négociation des rôles et des décisions. Quand une explication concrète a lieu, les éléments sémantiques interviennent. Des sujets avec des structures différentes demandent des mécanismes d'explication différents. Cela nous oblige à l'élargissement de la vision, vers le sujet, en complétant le quadripôle explicatif (voir 15.).

**Domaines** Les télécommunications, l'informatique, la technologie éducative, CMC, CSCW.

### *13. Le sous-système novice-instrument-sujet (l'apprentissage, l'exploration)*

**Description** Le novice utilise seul l'instrument comme le livre ou le didacticiel ou interagit avec l'interface de communication. L'enseignant est absent et l'explication est livrée par l'auteur de manière indirecte. La composition est incluse dans l'outil. Pendant l'utilisation, l'explication potentielle est " dévirtualisée ".

**Séparabilité** Soutenir que dans ce triangle l'explication se réduit à l'apprentissage, c'est perdre de vue l'unité systémique de l'acte de l'explication, en éludant la source des messages. Même si l'utilisateur circule à son gré dans un " environnement d'apprentissage ", il parcourt une structure et lit des discours. L'intervention directe d'un assistant peut d'ailleurs accompagner l'utilisation.

**Domaines** Les théories de l'apprentissage, les environnements d'apprentissage et d'exploration, le multimédia, les systèmes d'information, l'EAO (CAI, CBT), les STI (ITS).

### *14. Le sous-système enseignant- instrument-sujet (la composition, l'adaptation)*

**Description** Ce triangle peut intervenir avant l'utilisation de l'instrument (didacticiel) par le novice, si l'auteur de l'instrument a prévu la possibilité des réglages d'adaptation et des modifications du message. Si la présentation est faite par l'enseignants , ce triangle contient la partie " composition instrumentée " de son activité.

**Séparabilité** L'adaptation et la composition sont des actions séparables du présentateur, mais leur compréhension complète réclame l'observation du novice que ces opérations visent. La présentation suppose un mixage de composition, de lecture et peut être de communication directe. Il est normal d'élargir l'analyse de la composition vers le quadripôle de l'explication.

**Domaines** La technologie éducative, les techniques de composition.

**15. Le système enseignant-sujet-instrument-novice (l'explication, l'instruction, l'enseignement)**

**Description** Les considérations des points précédents expliquent la morphologie du système quadripolaire de l'explication. Les quatre pôles (voir 1-4) les six axes (5-10), les quatre triangles (11-14) déterminent un système unitaire, dont l'évolution est le résultat des transformations des parties et de l'interaction entre elles.

**Séparabilité** Ce système nous permet de décrire le déroulement de l'explication. Cela ne veut pas dire qu'il n'est pas soumis à des influences extérieures. La réalité (contexte) qui englobe ce système peut intervenir à tout moment par plusieurs leviers, changeant le sujet, les acteurs, l'instrument, le contexte. Le phénomène explicatif global a besoin d'un cadre plus large. Le modèle "en pyramide" de l'explication effective peut être complété dans une multitude de directions. On peut ajouter le sous-système de l'application de l'explication, qui détermine le sujet comprenant le bénéficiaire, l'expert, etc. On peut aussi additionner le sous-système de la production de l'instrument comprenant l'outil de composition, l'auteur, le fabricant, les ressources. On peut aussi inclure l'ingénieur du système. On obtient le système élargi représenté plus bas.

**Domaines** Les sciences et les technologies de l'éducation, les sciences des communications, les sciences de l'information, la philosophie.

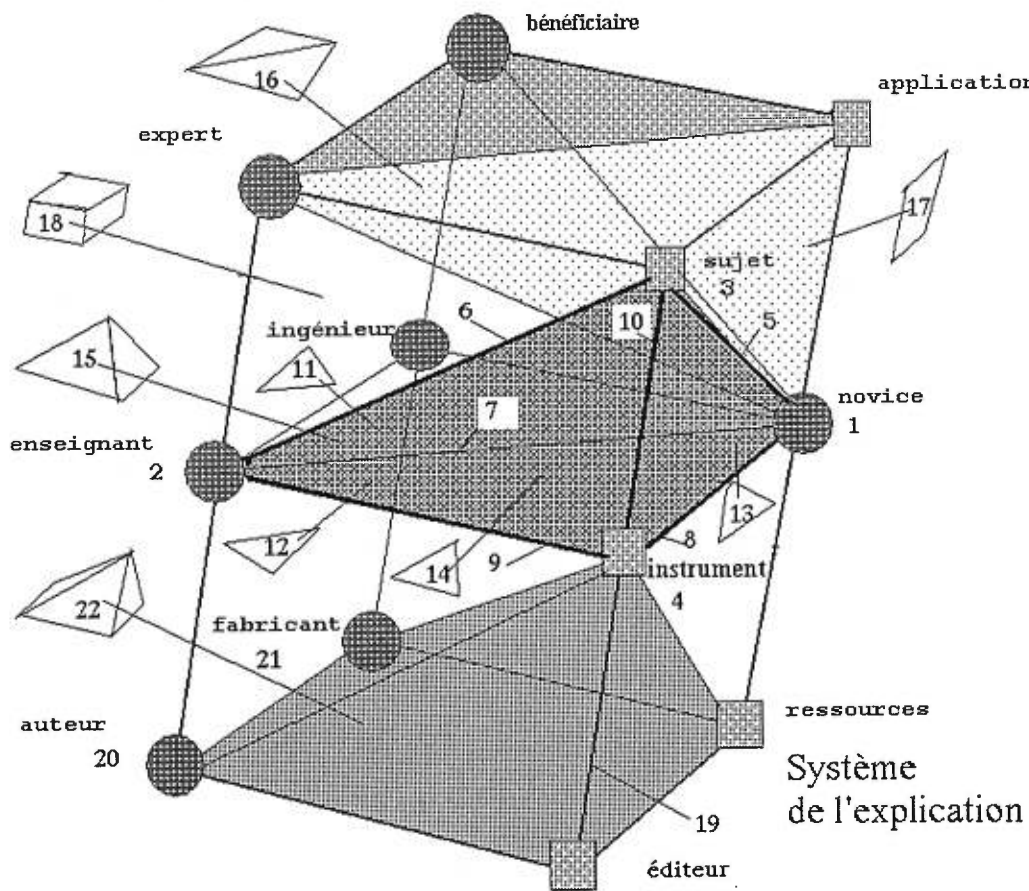


Figure C5.2 Système élargi de l'explication

## **Le système de l'application de l'explication**

Le lien entre l'explication et l'application visé par l'apprentissage de son sujet est important mais difficile à contrôler. Le formateur expérimenté et bien intégré dans la réalité de son entreprise doit s'orienter selon les besoins de performance et non pas par un " curriculum " non- formulé ou précisé dans des documents souvent dépassés. Les apprenants savent des choses que le formateur ne connaît pas, ils contribuent à l'explication, qui suppose une coopération ad hoc. Le formateur génère le curriculum au moment même de l'explication! L'application- cible devient un pôle permanent dans le système explicatif.

Même pour l'enseignement scolaire ou autodidacte, l'application du savoir acquis est importante et réclame une méthodologie spécifique.

### ***16. Le sous-système novice- application- bénéficiaire- expert (la production, l'action).***

**Description** Il s'agit du système dans lequel l'apprenant se manifeste comme acteur productif. L'application est le cadre où il doit produire une certaine performance. Le " bénéficiaire " de l'activité productive (par exemple le " dirigeant " de l'entreprise) établit les objectifs et influence la motivation. " L'expert " (l'ingénieur, le maître, le concepteur) établit les opérations et peut accorder de l'aide. Nous étudions le rapport novice-application, comme point de départ (l'établissement du sujet) ou comme point d'arrivée (la vérification des acquis). L'action pratique produit aussi de l'apprentissage, par feed-back.

**Séparabilité** Le monde de la pratique ne devrait pas être séparé de celui de l'instruction. Leur interférence est essentielle pour avoir un système d'enseignement adapté aux réalités de l'entreprise ou de la société. Tous les acteurs impliqués dans l'explication (novice, enseignant, sujet, instrument) peuvent avoir une conception de l'application- cible qui influence leur activité explicative. Réciproquement, les acteurs du système productif (bénéficiaires, experts, etc.) ont un mot à dire sur l'instruction.

**Domaines** Les technologies de production, les technologies de la performance.

### ***17. Le sous- système novice-sujet-application-instrument ( le perfectionnement, la simulation)***

**Description** Il est à la base des recherches sur l'intégration de l'instruction et de l'expérience, sur la pertinence du curriculum, sur le gain de performance apporté par l'apprentissage. Parfois, il est plus compliqué d'exprimer formellement les connaissances nécessaires pour une activité que de les acquérir par expérience directe. L'instrument de l'explication peut être construit de manière à simuler la réalité plutôt que de la présenter par un discours. Si l'application simulée est simplifiée ou enrichie, l'écart par rapport à la réalité est un facteur créatif, une explication implicite.

**Séparabilité** Ce sous- système est important dans la formation pour soutenir une synchronisation continue théorie- pratique dans les deux directions: de l'application ou de l'enrichissement du curriculum. Les constructeurs des simulateurs s'occupent du rapport entre la maquette et la réalité, mais si une couche pédagogique enrichit la maquette, il faut élargir l'angle de vision.

**Domaine** Le curriculum, la formation, l'apprentissage par expérience, la simulation

### *18. Le système: enseignant-instrument-sujet-novice-application-bénéficiaire-expert ingénieur d'instruction (le prisme de la formation)*

**Description** L'intégration de l'explication avec le monde de son application est essentielle pour décrire les phénomènes de la formation. Les liens complexes qui s'établissent entre la théorie et la pratique, entre l'utilisateur comme apprenant et comme exécutant, entre l'assistant éducateur et l'expert, entre l'objet de travail et l'instrument de simulation, entre les acteurs et le bénéficiaire, ne peuvent pas être compris dans le monde réduit de l'explication effective.

**Séparabilité** Ce cadre est assez général pour soutenir des discussions sur l'explication de l'action. Cependant, il n'intègre la composition de l'explication que si elle est faite en temps réel, pendant la présentation. La construction préalable à l'utilisation, le design de l'outil explicatif et du système complet de l'explication exigent une extension du prisme.

**Domaines** La technologie de l'instruction et de la performance, la formation

### **Le système de la création de l'instrument explicatif**

Dans un sens large, l'enseignant et l'élève qui agissent sur l'instrument explicatif pendant l'explication font aussi de la composition. Mais dans le présent modèle, ce type de modification est considéré dans le système de l'explication effective (15), tandis que la "création de l'instrument" est considérée dans un sens asynchrone supposant une construction préalable à l'utilisation.

### *19. Le sous-système éditeur-instrument explicatif*

**Description** L'outil de composition est un système technique avec une morphologie et une physiologie plus ou moins complexes. Il est spécialement conçu pour soutenir une certaine composition ("sur mesure") ou il est choisi à l'occasion. Il peut être facile ou difficile à manipuler, exigeant peut-être une explication sur l'utilisation.

**Séparabilité** Cet axe nous permet de suivre l'évolution des objets explicatifs. Parfois le résultat de la composition est détaché de l'éditeur qui l'a produit. D'autres fois, l'utilisation exige la présence de l'instrument de composition qui change le rôle d'éditeur dans celui de "lecteur" de l'explication composée.

L'analyse " technique " de cet axe doit tenir compte des autres acteurs. Que peut-on dire de pertinent sur des outils sans parler du système où ils doivent s'intégrer?

**Domaines** L'hypertexte, le multimédia, l'informatique

### **20. *Le sous-système de l'auteur (le compositeur)***

**Description** La personne qui compose une explication potentielle vit des processus cognitifs analogues à ceux du présentateur en direct et des processus cognitifs spécifiques à la composition asynchrone. L'auteur doit tenir compte: des caractéristiques de l'outil de composition (expertise technologique), des informations à inclure dans l'instrument (expertise du sujet à l'étude), des caractéristiques de l'utilisateur (expertise du public), de l'intervention de l'enseignant ou de l'intégration de sa vision (expertise pédagogique).

**Séparabilité** Le déroulement du processus de composition est étudié pour orienter l'ergonomie des outils d'aide. Mais pour bien comprendre la position de l'auteur, il faut observer son immersion dans le grand système. Pour gérer des rapports avec tant de partenaires et intégrer tant d'aspects, l'auteur doit avoir un profil complexe, une expertise variée. Une des solutions consistera dans le travail en équipe multidisciplinaire. Si l'auteur peut être la même personne que l'enseignant, l'expert, ou le fabricant, la cohérence sera améliorée. Pour parvenir à ce savoir hybride, l'auteur profiterait de l'existence d'une discipline spécialisée.

**Domaines** Le multimedia, " l'authoring ", le " CAI ", le " Desktop publishing ", etc.

### **21. *Le sous-système du fabricant (le " développeur ")***

**Description** L'outil de composition est le résultat d'une activité de design et de fabrication. Le fabricant intervient, avec son système de buts et de connaissances. S'il s'agit d'un outil générique (par exemple, l'éditeur de texte ) une expertise technique et ergonomique peut être suffisante. Le fabricant doit concevoir une interface- auteur conviviale, offrir une gamme d'outils de composition appropriée pour simplifier le travail du compositeur et lui permettre de se concentrer sur les aspects de fond.

**Séparabilité** Pour aider l'auteur à optimiser la composition d'un processus explicatif, le fabricant doit avoir une riche vision. Il doit produire un objet qui permet à un compositeur de concevoir un instrument utilisable par un novice pour apprendre un sujet et, en conséquence, réaliser une performance satisfaisante pour un bénéficiaire .

**Domaines** L'informatique, l'hypertexte, le multimedia, les STI (ITS), le EAO (CAI) , le IA (AI).

### **22. *Le sous-système fabricant-auteur-éditeur-instrument-ressources (la composition)***

**Description.** C'est le système de production de l'instrument de l'explication. La composition peut être fermée avant l'utilisation, ou ouverte vers des changements, des adaptations et des annotations que

l'enseignant et l'apprenant opèrent en cours de route. Le fabricant et l'auteur ont accès à une base de ressources auxiliaires (instruments, techniques, modèles, documentation, etc.). Leurs rôles se combinent dans diverses formules. Le fabricant peut concevoir les éditeurs (pour le texte, le son, le multimédia, etc.) laissant à l'auteur le design de l'explication. Il peut concevoir des "structures explicatives préfabriquées" que l'auteur appliquera à des circonstances concrètes. Il peut même tenter (voir "ITS") la fabrication des "outils génériques d'explication", qui ne doivent qu'être "chargés" avec des informations spécifiques.

**Séparabilité** Ce système est séparable en pratique et pour des fins analytiques. Mais il faut tenir compte des relations avec les autres parties de l'explication, pour orienter sa gestion. Les études constatent que les autres acteurs impliqués (l'enseignant, l'apprenant, le bénéficiaire) doivent orienter l'opération de composition afin qu'elle donne des bons résultats. Le feed-back rapide, sans attendre une validation tardive après la fabrication, améliore la performance, la pertinence et l'économie de la composition.

**Domaines** La théorie de la composition, "l'Authoring Tools", "l'Hypermedia", la technologie éducationnelle.

### **Le système global de l'explication**

Entre les acteurs du grand prisme de l'explication il y a une forêt d'interdépendances et une interpénétration des rôles. Chaque "partie" est un univers multidimensionnel, avec sa propre structure, son propre métabolisme, son espace de paramètres difficiles à mesurer, même vagues. Chaque composante peut se décomposer dans une multitude de composantes analogues. Les relations entre plusieurs novices, enseignants, outils, sujets transforment la structure dans un labyrinthe plastique. Le tout vit une évolution interne permanente, sous l'influence des fréquents changements extérieurs, parfois imprévisibles.

Il y a de quoi provoquer la perplexité de l'ingénieur qui doit gérer le système explicatif, le dernier personnage inclus dans le modèle. Il y a de quoi intimider le modélisateur qui veut le décrire, et qui veut éviter de charger son schéma de sa présence.

## Chapitre C6: Essai sur la physiologie de l'explication:

- une carte de la problématique -

Ce chapitre se propose d'organiser les questions relatives à la physiologie de l'explication. Il s'agit alors d'une carte de la problématique regroupant des questions, des mots-clefs et des domaines impliqués dans l'observation de l'explication.

### *1. Le sens du message*

**Questions posées** Quelle est l'information transmise? Quel est le moyen utilisé? Quel est le rapport entre la forme et le sens, entre le représentant et le représenté? Est-ce que l'utilisateur a besoin de préalables pour comprendre? S'agit-il d'un message codé? S'agit-il d'une chose difficile à comprendre? Est-ce que l'information fournie est vraie (certaine, probable, possible, vérifiée etc.)? Est-ce qu'elle est précise (ambiguë, négociable)? Est-ce qu'elle est riche (exhaustive, incomplète, superficielle, etc.) ? Est-elle pertinente (opportune, importante, bénéfique)? Est-elle stable (variable)?

**Mots-clefs** Information, signification, message, symbole, représentation, codage, langage, contexte, transmission, qualités, valeur.

**Domaines intéressés** La sémantique, la linguistique, la sémiotique, la théorie de l'information, la philosophie, la logique, les communications, les télécommunications.

### *2. Le sujet, sa structure, sa logique et sa didactique*

**Questions** Qu'est ce qu'on doit expliquer? Quelle structure et quel comportement a le système à comprendre? Quel est l'organisation de l'explication par rapport à la démonstration, l'exemplification, la généralisation, la comparaison, la justification, l'abstraction, l'induction, la classification, la description etc.? De quels types sont les connaissances à acquérir (les performances à réussir)? Dans quel curriculum s'encadrent-elles? S'agit-il de lois, d'observations particulières? Est-ce que l'explication est descriptive (quoi, comment) ou justificative (pourquoi?). Est-elle nomologique- déterministe, statistique- probabiliste, causale, téléologique? Est-elle complète (exhaustive), ou superficielle?

**Mots-clef** Contenu, connaissances, curriculum, domaine, science, description, modélisation, argumentation, logique, discours, didactique.

**Domaines** Le curriculum, les sciences, la logique, l'épistémologie, l'heuristique.

### **3. La méthode et la stratégie pédagogique**

**Questions** Quelle est la méthode utilisée pour expliquer? Pourquoi la choisit-on? Comment est matérialisée la méthode dans l'explication concrète? Comment tenir compte des processus cognitifs dynamiques et les soutenir pendant la compréhension? Comment concevoir et gérer les instruments d'explication? Quelle est l'écart entre le savoir de départ et celui visé? Comment est adaptée la présentation aux particularités de l'élève? Comment observe-t-on ses réactions et comment modifie-t-on la méthode en cours de route? Comment on évalue-t-on les résultats et on améliore-t-on *post factum* la stratégie?

**Mots- clef** Méthodes (stratégies) d'explication, transfert de l'expertise

**Domaines** Les sciences de l'éducation, la pédagogie, la didactique

### **4 Les phénomènes cognitifs**

**Questions** Quels sont les mécanismes psychologiques impliqués par l'explication? Comment la perception, la mémorisation, le souvenir, le jugement, la volonté, l'affectivité, la communication, la décision et l'action participent-elles à l'émission et à la réception de l'explication? Comment interfèrent les processus d'acquisition, de gestion, d'application et de partage des connaissances? Quelle est la structure de l'espace cognitif et quelles sont les sources de son évolution? Comment peut-on les modéliser et les reproduire? Quelles sont les conséquences de la physiologie cognitive sur l'organisation de l'explication?

**Mots-clefs** Perception, attention, sélection, intégration, mémoire, jugement, décision, action, etc.

**Domaines** La neurophysiologie, la psychologie, les sciences cognitives, l'intelligence artificielle, la psychopédagogie.

### **5. Le régime temporel, le processus, la sérialité**

**Questions** Qu'est ce qui se passe pendant l'assimilation d'une nouvelle connaissance, pendant la réception du discours explicatif? Quel est l'effet de la poursuite séquentielle et de la contiguïté temporelle? Comment fonctionne la mémoire de travail (temporairement active) et comment peut-on l'utiliser comme levier pour envoyer des connaissances vers la mémoire permanente? Quel est l'effet de la diffusion des informations présentées préalablement? Comment gérer la sérialité discursive et établir l'ordre efficace de présentation? Quel est le rapport entre les concepts et leur histoire? Comment expliquer des concepts et des situations dynamiques?

**Mots-clefs** Temps, sérialité, processus, dynamique des concepts, concepts dynamiques, régime transitoire, mémoire de travail, discours, histoire, présentation,

**Domaines** Les sciences cognitives, la psychologie, la théorie des systèmes dynamiques, le processus du discours.



## ***6. Le parallélisme des structures et des pistes***

**Questions** Quelle est la structure du système à expliquer? Mais celle de l'image à propager? Celle du système explicatif? Celle du message explicatif? Utilisons-nous une modalité de description parallèle, qu'on peut explorer? Appelons-nous à un processus de décomposition- sérialisation- recombinaison? Faisons-nous appel à plusieurs pistes de présentation à la fois? Pourquoi? Comment ces pistes sont perceptibles (saisissables et intégrables)? Comment est réparti le discours entre les différentes pistes de communication? Comment sont assurée la cohérence de la distribution des pistes et l'arbitrage des intervenants? La présence de plusieurs acteurs impose-t-elle une gestion parallèle des pistes de communication?

**Mots-clefs** Structures, représentation parallèle , diagrammes, cartes, attention distributive, synchronisation des pistes, cohérence.

**Domaines** La psychologie, les systèmes parallèles et distribués, les représentations graphiques, la stéréophonie et la stéréovision.

## ***7. Le traitement sériel- parallèle du curriculum***

**Questions** Quelle est la structure du curriculum à transmettre? Peut-on séparer le curriculum dans des modules, tenant compte de leurs influences réciproques? Jusqu'à quel niveau de granularité la décomposition peut-elle ou doit-elle avancer? Existe-t-il une hiérarchisation intéressante? Doit-on prévoir des variantes de profondeur du traitement d'un même sujet? Existe-t-il un ordre de présentation favorable? Peut-on le parcourir de manière linéaire (en cascade) ou bien on est obligé à des ramifications et des retours? Comment gérer la navigation dans un (hyper) discours? Comment permettre à l'utilisateur de s'orienter dans une structure explicative complexe? Quel est le lien entre le curriculum et le discours (la structure) explicatif?

**Mots-clefs** Curriculum, modularisation, granularité, hiérarchie, discours, hypertexte, orientation, complexité, cohérence, orientation, chaîne, ramification, boucle, itération, discours potentiel et discours effectif.

**Domaines** Le curriculum, la didactique, les bases de connaissances, l'hypertexte, le discours, les graphes conceptuels, la théorie des systèmes et de la modélisation.

### ***8-L'énergie psychologique, la motivation***

**Questions** Quelle est l'énergie mise en jeu par les acteurs pour réaliser l'explication? Comment s'établit l'équilibre de leurs pressions psychiques? Quel est le bon rapport entre l'extraction (l'effort plus grand de l'apprenant) et la réception (l'effort plus grand de l'enseignant)? Quelle est l'influence de la motivation sur l'explication? Quels sont les effets de l'explication sur l'attitude des acteurs? Comment peut-on renforcer la motivation? Quels sont les influences inhibitrices à éviter?

**Mots-clefs** Motivation, énergie, équilibre, comportement, contexte, affectivité, subjectivité

**Domaines** La psychologie cognitive et comportementale, la psychopédagogie, la pédagogie, l'andragogie, l'ergonomie.

### ***9. L'action, la pratique et le rapport entre faire et savoir-faire***

**Questions** Quelles sont les situations qui réclament l'apprentissage des actions? Quel est le rapport entre faire et savoir-faire? Comment organiser et utiliser l'interactivité pour expliquer l'action? Quels sont les mécanismes de "apprentissage en faisant" ("learning by doing")? Quelles sont les justifications et les méthodes d'organisation de l'explication "par expérience", "par étude de cas" et "par simulation"? Comment peut-on enrichir un environnement de simulation? Quels sont les principes de "l'assistance au travail en temps réel"? Quel est le rapport entre la communication par le langage et celle par le partage des actions?

**Mots-clefs** Action, pratique, apprentissage par expérience, interactive, simulation, assistance au travail,

**Domaines** La psychologie de l'action, la technologie de la performance, la formation, la simulation, les systèmes de support.

### ***10. La conception de l'explication***

**Questions** Quels sont les mécanismes cognitifs pendant la génération de l'explication? Quelle est la position de l'auteur d'une proposition par rapport à son contenu (il croit, il sait, il suppose, il soupçonne etc.)? Quel est son autorité (son expertise, son expérience, sa culture etc.)? Comment se caractérise et se communique l'expertise? Quels sont les principes, les critères, les méthodes, les instruments et les objectifs de la composition? Comment l'auteur peut-il tenir compte des caractéristiques variables des utilisateurs? Comment peut-il utiliser l'expérience de composition traditionnelle (le texte, le son, le film, le graphisme, etc.) dans une composition multimodale à but explicatif? Qui doit faire la composition, un expert pluridisciplinaire, une équipe? Comment former un compositeur et organiser une composition en équipe?

**Mots-clefs** Expertise, autorité, création, présentation, composition, texte, son, graphisme, multimédia, scénario, synchronisation, cohérence.

**Domaines** La psychologie de la création, les sciences cognitives, les systèmes experts, la rhétorique, l'esthétique, la composition musicale, la cinématographie, le graphisme, le multimédia, le design

### *11. La résonance communicative*

**Questions** Comment fonctionne la résonance communicative? Quelle est la répartition du discours dialogique entre les partenaires? Quels sont les principes du dialogue et de la coopération explicatifs? Comment est organisée la synchronisation des partenaires? Quelles sont les particularités de la communication directe et indirecte, synchrone et asynchrone, locale ou à distance? Comment ces situations peuvent être combinées? Comment se déroule l'arbitrage de la communication et s'établit son protocole?

**Mots-clefs** Résonance, synchronisation, communication, dialogue, interaction, coopération, interface

**Domaines** Les communications, la psychologie et la cognition sociale, l'apprentissage coopératif.

### *12. L'interaction et l'interface*

**Questions** Quels sont les besoins de synchronisation entre les partenaires? Comment sont combinés la communication, la coopération et le réglage de la synchronisation? Quels sont les moyens d'observer et d'influencer l'accord? Quel est le mécanisme des interactions dans le triangle expert- interface- novice? Comment faire le mixage de la communication directe et indirecte? Quels sont les principes de design de l'interface homme- machine, pour assurer une bonne communication homme-homme?

**Mots-clefs** Interaction, synchronisation , interface.

**Domaines** Le “(Graphical) User (Adapted; Intelligent) Interfaces ”; le “Computer Mediated Communication ”, le Multimédia interactif

### *13. La négociation des décisions*

**Questions** Quels sont les éléments réglables, modifiables, adaptables? Quels sont les pôles humains de décision? Quels sont leurs buts et leurs gestes? Quels sont les conflits possibles dans la prise de décision? Quels sont les critères, les principes et les alternatives pour résoudre une décision collective? Comment peut être organisé l'espace des formules de coopération? Quels sont les outils et les méthodes pour l'implantation pratique d'un ensemble de protocoles?

**Mots-clef** Philosophie et pratique de la décision, volonté et liberté d'action, leadership, conflit et équilibre décisionnel, protocole d'arbitrage, interactivité, interaction homme-homme et homme- machine

**Domaines** Les fondements de l'éducation, la psychologie, les théories de l'interactivité et de la négociation, les systèmes de support pour la décision.

#### *14. La collaboration entre plusieurs acteurs*

**Questions** Quel est le fonctionnement du sous- processus de l'explication qui nous intéresse? Quels sont les acteurs? Quel est le comportement et le rôle de chacun? Comment interagissent-ils dans l'espace et dans le temps? Comment partagent-ils les connaissances et les instruments? Comment communiquent-ils? Comment négocient-ils les décisions? Quels sont les gains de la collaboration? Comment peut-on la faciliter?

**Mots-clefs** Coopération, partage, communication, négociation, " floor-control ", protocole, rôles, acteurs, agents, expert, enseignant, présentateur, démonstrateur, auteur, élève, apprenant, novice, utilisateur, instrument, éditeur, fabricant, bénéficiaire, ingénieur.

**Domaines** Les communications, la technologie éducationnelle, l'apprentissage à distance et coopératif, la cognition sociale, les sciences du comportement.

#### *15. La modalité d'expression*

**Questions** Quelle est la modalité choisie pour porter le message: le texte, la parole, les sons, les images, l'animation, le graphisme? Sur quel média est-elle matérialisée? Pourquoi est-elle choisie? À cause de la disponibilité, de l'opportunité cognitive, de la préférence subjective, de la stimulation de la motivation? Comment le message est perçu par le récepteur? De quelle manière la modalité assure-t-elle une dialectique appropriée entre sérialité et parallélisme? A-t-on besoin d'une solution multimodale? Alors, comment assure-t-on l'intégration des messages?

**Mots-clef** symbolisation, modalités, message, texte, langage parlé, musique, graphisme, animation, film, multimédia, présentations.

**Domaines** La sémiotique, l'art, la linguistique, le design, le traitement audio et vidéo, le multimédia, les communications.

#### *16. L'instrument de support et les formes d'assistance*

**Questions** Quels sont les instruments explicatifs utilisés? Quelles sont les caractéristiques pertinentes de chacun et de leur ensemble? Sont-ils suffisants, nécessaires, opportuns pour réaliser l'explication? Sont-ils disponibles? Sont-ils dispendieux? Sont-ils faciles à utiliser? Supposent-ils une didactique spécifique? Sont-ils en accord avec les instruments utilisés dans l'activité de production? Sont-ils ergonomiques? Sont-ils flexibles? Sont-ils conçus pour être utilisés seulement par l'apprenant ou acceptent-ils l'intervention de l'enseignant? Soutiennent-ils une communication directe ou indirecte? Quelle sorte d'aide est offerte à l'apprenant-utilisateur (cartes, indications, guidage etc.)? S'agit-il d'une aide explicite, ou implicite, réalisée par la structure avantageuse de l'environnement? Quel est le niveau de l'assistance (légère, poussée)? Quel

est le rapport entre les messages auxiliaires d'assistance et le flux principal de l'explication (indication, information, guidage, traduction)?

**Mots-clefs** Instrument, utilisation, assistance, interface, technologie, métaphore, visualisation, cartes, gestion des ressources, prothèses cognitives.

**Domaines** L'informatique, les télécommunications, la technologie de l'instruction, le "CAI", le multimédia, l'hypertexte, la classe virtuelle, l'enseignement à distance, les interfaces, l'ergonomie et l'utilisation.

### *17. La documentation et la recherche des informations*

**Questions** Quels sont les besoins d'information de l'utilisateur? Comment peut-il (peut-on) saisir qu'une certaine information disponible (nécessaire) est nécessaire (disponible) à l'utilisateur? Quels sont les méthodes d'organisation des connaissances pour l'utilisateur qui cherche des informations? Comment se déroule l'exploration (les opérations observables et les mécanismes cognitifs)? Quels sont les moyens d'aide à la navigation et à la récupération? Quel est la valeur éducative de l'exploration et la pédagogie correspondante?

**Mots-clefs** Recherche des informations, exploration, requêtes, navigation, base de données, orientation, internet.

**Domaines** Les sciences de l'information (recherche, indexation, classification etc.), les environnements d'apprentissage par découverte, les sciences cognitives.

### *18. Les instruments et les techniques pour assister la composition*

**Questions** De quels instruments de composition dispose l'auteur? Dans quelle facilitent-ils la réalisation de ses objectifs? Sont-ils dispendieux? Sont-ils faciles à utiliser? Offrent-ils une large flexibilité? Réclament-ils une méthodologie de composition spécifique? Quels sont les instruments théoriques (modèles, méthodes) nécessaires?

**Mots-clefs** Édition du texte, graphique, son, films, multimédia, hypermédia, didacticiels, interface, éditeurs intelligents, "authoring".

**Domaines** La publication électronique, les éditeurs multimédia et l'hypermédia, la composition assistée par ordinateur.

### *19.- Le métabolisme explicatif global*

**Questions** Comment fonctionne le système de l'explication? Quelle est sa "morphologie", sa "physiologie", sa "pathologie"? Quels sont les états et les transformations? Quels sont les entrées, les sorties et le comportement observable? Quelles sont les influences extérieures? Comment peut-on organiser

son observation, son influence et son design? Comment peut-on le modéliser de manière fidèle et opérationnelle? Quelles sont les expertises nécessaires et les paradigmes qui entrent en jeu pour le modéliser?

**Mots-clefs** Système, structure, architecture, processus, explication, régime permanent, régime transitoire, observation, mesure, évaluation, intervention, contrôle, design, modélisation, paradigme, éclectisme, globalisme

**Domaines** La théorie des systèmes dynamiques, des systèmes vagues, des systèmes cybernétiques et des systèmes, les sciences de l'éducation et la technologie éducationnelle, la méthodologie interdisciplinaire, la politique de l'éducation et de l'information, l'écologie.

### *20. Le contexte et son influence*

**Questions** Quel est le rapport entre le curriculum et la pratique? Dans quel cadre l'apprenant devra agir pour montrer le gain de performance apporté par l'explication? Dans quel cadre est-il assisté par des explications? Quel est le rapport entre les deux cadres? Quelles sont les influences du contexte sur le déroulement et le design de l'explication? Comment le bénéficiaire intervient-il? Quelle est l'influence de la vie des acteurs dans la société? Quelles sont les opérations de gestion auxiliaires autour du processus explicatif?

**Mots-clefs** Contexte, formation, école, apprentissage autodidacte, enseignement à distance, ressources, gestion.

**Domaines** L'enseignement, la formation, les fondements et l'administration de l'éducation.

### *21. L'adaptation aux variations et l'évolution*

**Questions** Quelles sont les variations des composantes du système? Quel est l'effet des variations et quel mécanisme permet de retrouver l'équilibre? Quels sont les besoins de réglage et les boucles de réaction? Comment les mécanismes de feed-back négatif assurent le maintien de l'équilibre? Prévoit-on du feed-back positif pour amorcer certains processus? Comment assure-t-on l'observation en vue de la correction? Quel coût doit-on payer pour implanter ces mécanismes? Comment distribue-t-on l'effort d'adaptation entre les acteurs? Quelle est l'évolution du système, comme résultat de l'adaptation continue? Quelle est l'évolution de chaque composante, dans son effort d'adaptation?

**Mots-clefs** Variation, changement, réaction, réglage, adaptation, personnalisation, évolution, trace, adaptabilité.

**Domaines** La cybernétique, les télécommunications, la pédagogie, les sciences du développement.

## **22. L'hypostase de l'utilisateur et la métamorphose de l'environnement**

**Questions** Dans quelles rôles (hypostases) l'utilisateur peut-il se trouver? S'agit-il d'une position (posture) unique ( être informé, être conseillé, être instruit, être évalué, etc.)? Ou s'agit-il d'une posture variable, flexible, à évolution imprévisible? Quelles sont les caractéristiques (de présentation, de décision, etc.) de chaque hypostase? Comment préparer l'environnement pour qu'il change son comportement, selon la position (posture) des acteurs humains?

**Mots-clefs** Hypostases, documentation, apprentissage, vérification, entraînement, collaboration, flexibilité, adaptation, métamorphose.

**Domaines** Les environnements d'assistance, les systèmes adaptatifs.

## **23. L'intelligence et sa gestion**

**Questions** Quelles sont les situations qui réclament une intervention intelligente? Quelles sont les ressources d'intelligence du système? Quelle est leur disponibilité avant, pendant et après un geste explicatif? Comment gérer l'intelligence globale de manière optimale? Comment modéliser l'explication pour concevoir des agents explicatifs artificiels? Quelles sont les possibilités et les limites d'un artefact " intelligent " ?

**Mots-clefs** Intelligence, modélisation, agents intelligents, systèmes intelligents.

**Domaines** La psychologie, les sciences cognitives, l'intelligence artificielle, les systèmes experts, " l'EIAO (ICAI) " et le " STI (ITS) ".

## **24 La valeur, la mesure et l'évaluation**

**Questions** Quels sont les buts spécifiques de l'explication et comment sont-ils liés aux objectifs généraux des acteurs? Comment évaluer la compréhension, l'apprentissage et l'application des divers types de connaissances? Comment observer et évaluer les prestations des autres composantes du système? Quels sont les critères d'évaluation du succès d'une explication effective et des possibilités d'une explication potentielle? Comment peut-on utiliser les résultats de l'évaluation pour améliorer l'explication?

**Mots-clefs** valeur, mesure, évaluation de la compréhension, de la performance, de l'instrument d'assistance, de l'instrument de composition, de l'assistant humain et artificiel, du concepteur et de la composition, de la méthode etc., évaluation normative et évaluation formative.

**Domaines** La mesure et l'évaluation, les fondements de l'éducation, la technologie de l'instruction.

## **25. Le coût et l'économie**

**Questions** Quel est le prix envisagé ou payé par chaque acteur pour réaliser l'explication? Comment peut-on l'évaluer et le diminuer? Comment comparer des solutions différentes? Quel est le rapport entre le gain

et le prix d'une amélioration? Quels sont les instruments (principes, critères) pour minimiser le coût à des performances données, de maximiser les performances à un coût donné ou de faire une optimisation hybride?

**Mots-clefs** Énergie, effort, temps dépensée, ressources, économie, amélioration, optimisation

**Domaines** La technologie de l'éducation, l'optimisation des systèmes, la recherche opérationnelle, l'ergonomie, l'administration de l'éducation et de la formation,

## ***26. La reproduction***

**Questions** Est-ce que qu'une " partie d'explication " peut être utilisables pour plusieurs sujets, pour plusieurs apprenants, dans plusieurs contextes, avec plusieurs technologies, à des moments différents, à plusieurs endroits? Quelles certaines modifications, cela réclame-t-il? Quels sont leur ampleur et leur prix? Quelle est la stabilité du système dans le temps? Est-il possible de préparer des outils pour résoudre des classes de situations par simple adaptation? La génération ad hoc des explications peut-elle avoir une composante automatisée?

**Mots-clefs** Reproductibilité, modularité, réutilisation, " transportabilité ", " modifiabilité ", " généricité ",

**Domaines** La technologie éducationnelle, l'informatique,

## ***27. L'organisation de l'instruction***

**Questions** Quel est le modèle (le paradigme, la théorie, la méthodologie) de l'éducation (de l'instruction, de la formation, de la recherche, de la science, de la société) qu'on applique pour organiser l'explication? S'agit-il d'une combinaison de paradigmes et de méthodologies? Quel est le plan pour la réalisation de l'instruction? Quels sont les blocs principaux et les liens entre les blocs? Quelle est la décomposition en étapes? Quels sont les trajectoires principales et de réserve? Quel est le spécifique de chaque étape d'enseignement (introduction, développement, exercice, évaluation etc.)? Quelles sont les étapes du design de l'instruction?

**Mots-clefs** Paradigmes, méthodes, modèles, instruction, introduction, présentation, exercice, évaluation, planification, design, développement,

**Domaines** Le design de l'instruction, la technologie éducationnelle, la didactique. la méthodologie de la recherche, les fondements et la politique de l'éducation.

## ***28. L'ingénierie du système explicatif***

**Questions** Quels sont les objectifs fixés et les ressources disponibles? Prévoit-on plusieurs utilisateurs simultanément? Prévoit-on aussi la reproduction à large échelle du savoir pour des utilisateurs répandus dans l'espace et dans le temps? Quelle est la stabilité? Quel est le coût unitaire de chaque explication et le



coût général de réalisation, amorti grâce au nombre d'utilisations? Quelle est l'efficacité globale prévisible? Quelles sont les méthodes d'optimisation du rapport global performance/coût?

**Mots-clefs** Ingénierie, technologie, efficacité, spécifications, méthodologie, optimisation, réutilisation, design.

**Domaines** La technologie éducationnelle, la recherche opérationnelle, l'optimisation des systèmes.

### Conclusion

De nombreuses connexions (des liens, des interférences) entre différents points de la problématique peuvent être identifiés. Bien qu'intéressantes, les considérations sur leurs rapports ne peuvent pas être détaillées ici. Les ouvrages sélectionnés dans la bibliographie les traitent largement. La figure suivante se contente de les suggérer. Chaque segment a été tracé pour signaler une relation entre ces extrémités.

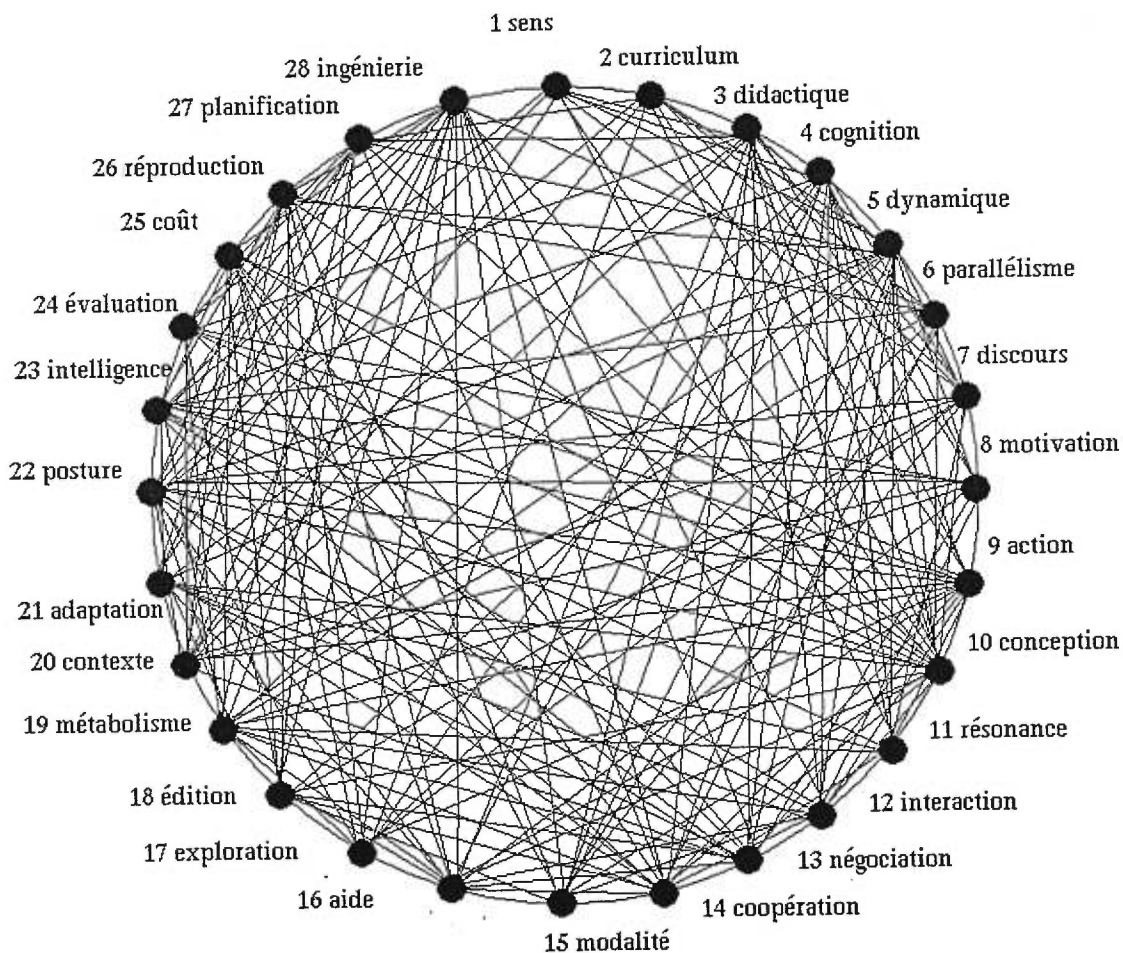


Figure C6 L'univers des problématiques de l'explication

## Chapitre C7: La troisième étape de la modélisation

- essai sur la récursivité et la complexité de l'explication de l'explication-

### L'explication de l'explication - les pièges et la modélisation de la circularité

J'ai présenté mon système de cartes à l'occasion de l'examen de synthèse. La réaction assez froide du jury m'a déçu et intrigué. J'ai compris que j'avais fait des erreurs de stratégie. Je n'avais pas suffisamment expliqué les raisons de ma manière de procéder, le motif pour lequel j'avais décidé de refléter une structure-source par une structure-image, offerte à l'exploration. J'avais essayé un discours plus adapté au sujet tandis que ce qu'on attendait de moi était un plaidoyer sériel, plus facile à lire et à encadrer dans les normes universitaires consacrées. Emporté par la passion pour mon sujet, je n'avais pas tenu compte du cadre concret de mon explication, peu propice à des inventions comme la présentation hypertextuelle, les cartes d'idées, les décompositions bibliographiques, etc. Le fait que ma présentation orale a convaincu plus que le texte déposé, m'a rappelé le besoin d'orienter l'exploration d'une structure. J'étais tombé dans le piège de ma situation paradoxale, circulaire. Pour utiliser une certaine technique de présentation, j'aurais dû d'abord convaincre le jury de sa pertinence. Ma tentative de le faire en l'utilisant dès le début dans la construction du plaidoyer, s'est avérée trop aventureuse et a provoqué la confusion du lecteur. Celui-ci, surpris par la forme, ne saisissait pas mes intentions implicites et lisait difficilement le plaidoyer explicite qui justifiait la forme exotique adoptée. Jouer avec les cercles était plus délicat que je l'avais cru.

J'ai dû changer mon discours pour le rendre plus lisible lors du projet de thèse. Je gardais le souci d'éclaircir le rapport ambigu et circulaire entre l'explication, comme sujet de ma thèse, et l'explication, comme méthode de la présenter. En actualisant, aujourd'hui, un fragment, je crois illustrer un acte de modélisation intéressant dans cette troisième étape de modélisation.

#### *Le phénomène sujet X*

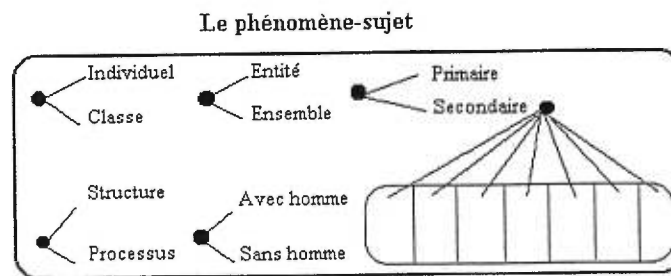
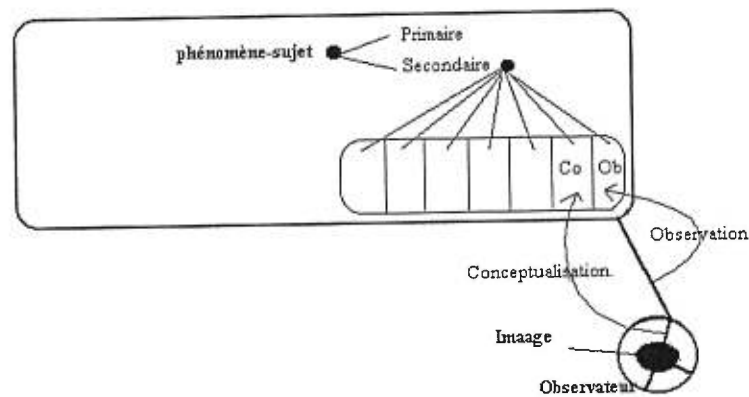


figure C7.1: L'univers de l'explication de l'explication, étape 1

On voit sur la figure que le concept très général de “ phénomène ” englobe des situations variées qui peuvent être classifiées selon une multitude de points de vue, plus ou moins indépendants. Il peut s'agir d'un phénomène concret (individuel, particulier) ou d'un phénomène-classe. Il peut s'agir d'un système relativement fixe dans le temps, ayant une stabilité qui nous permet de parler d'une “ structure ” (d'une “ anatomie ” ) ou d'un système en transition, quand nous parlons de processus (de “mécanisme” , de “physiologie”). Il peut s'agir d'une entité unitaire, organique, d'une existence, ou d'un ensemble d'entités en interaction. Ou encore, d'un phénomène avec ou sans acteurs humains. Enfin, l'observation et la description partagées des phénomènes primaires génèrent une famille de phénomènes secondaires qui peuvent à leur tour être regardés comme phénomènes- sujets. Dans notre cas, il s'agit du phénomène de l'explication, mais les remarques qui suivent sont valables pour le traitement d'un phénomène X quelconque.

### *L'observateur*

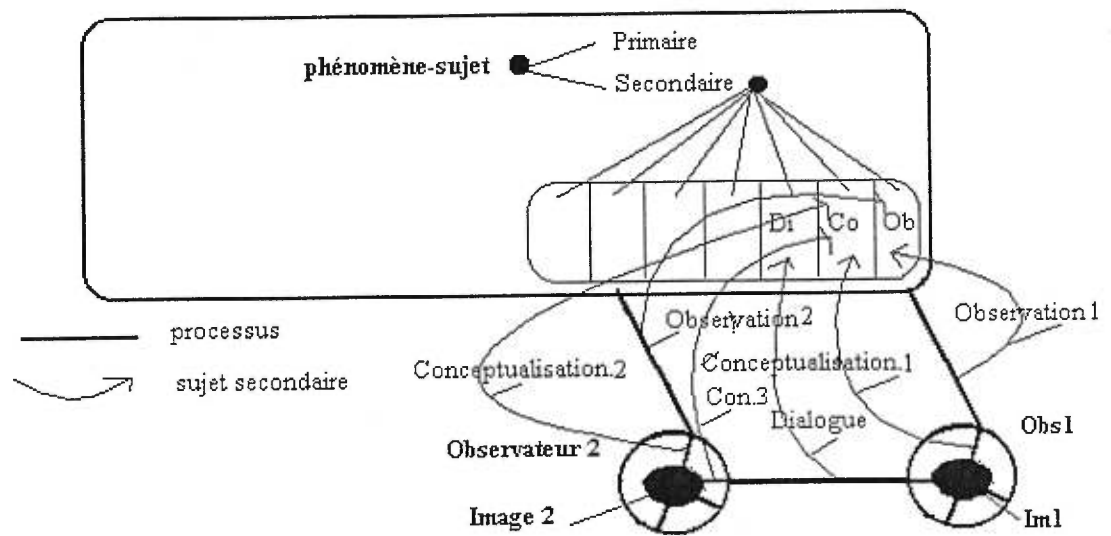


**Figure C7.2: L'univers de l'explication de l'explication , étape 2**

La rencontre entre l'observateur et le phénomène cible déclenche le phénomène secondaire de l'observation. Ce nouveau phénomène interférera avec un troisième: la formation d'une image du phénomène dans l'univers cognitif de l'observateur, que j'appellerai conceptualisation. Même s'ils interfèrent, ces deux processus ne sont pas confondus. Le concept est le résultat d'une longue évolution. Il est influencé par plusieurs observations, dialogues, moments de méditation, etc. La conceptualisation peut aussi influencer le processus d'observation en cours. Les phénomènes- processus de l'observation et de la conceptualisation peuvent être aussi des sujets d'étude. L'image mentale obtenue peut s'ajouter à l'ensemble des phénomènes de type structure. Ce sont des sujets secondaires possibles liés au phénomène initial.

**Le partenaire du dialogue**

Sans dialogue, on n'aurait chacun qu'une image isolée sur le phénomène. Comment estimer l'objectivité de notre image et définir la réalité indépendante de sa source? Sans communication, on n'aurait d'ailleurs pas eu un langage. Sans langage, quelle serait la consistance de notre image et la base de notre intuition sur la distinction image-réalité? Il faut que l'observation du phénomène soit partagée entre plusieurs observateurs qui communiquent pour qu'on puisse comparer les images que deux personnes ont d'un même phénomène. On peut voir l'abstraction appelée "objectivité" (intensément utilisée en science) comme une résonance entre les diverses représentations subjectives.



**Figure C7. 3: L'univers de l'explication de l'explication, étape 3**

Le nouveau personnage est à son tour un acteur dans des processus d'observation et de conceptualisation relatifs au phénomène X et d'observation et de conceptualisation (par introspection) relatifs à tous les phénomènes secondaires. Il peut aussi faire une observation directe (sans communication) de l'observation de l'autre, ce qui est rarement suffisant pour le comprendre. Mais c'est le phénomène de la communication (dialogue) qui représente l'enrichissement significatif de notre schéma. *Le phénomène expliqué* ne peut exister sans l'interférence des processus d'observation et d'explication (par communication directe ou indirecte) qui lui donnent naissance. L'explication d'un phénomène est donc pour moi le troisième côté du triangle des processus: observation 1-explication-observation2 qui lie le triangle d'acteurs: sujet-observateur1-observateur2. Cette vision tri-polaire récupère la dimension coopérative, communicative, sociale, des connaissances partagées. La figure montre que le phénomène secondaire de la communication relative au phénomène X est à son tour susceptible d'être analysé comme phénomène-sujet.

### *Le support du message*

Supposons maintenant que la communication entre les deux observateurs ne soit pas directe; ils utiliseraient un moyen pour transmettre leurs idées, représenté dans le schéma par un bloc supplémentaire: le support du message.

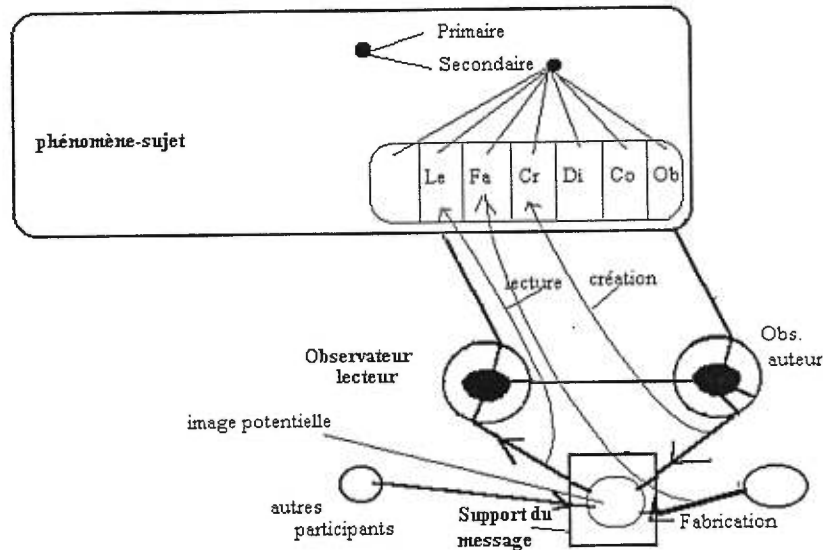


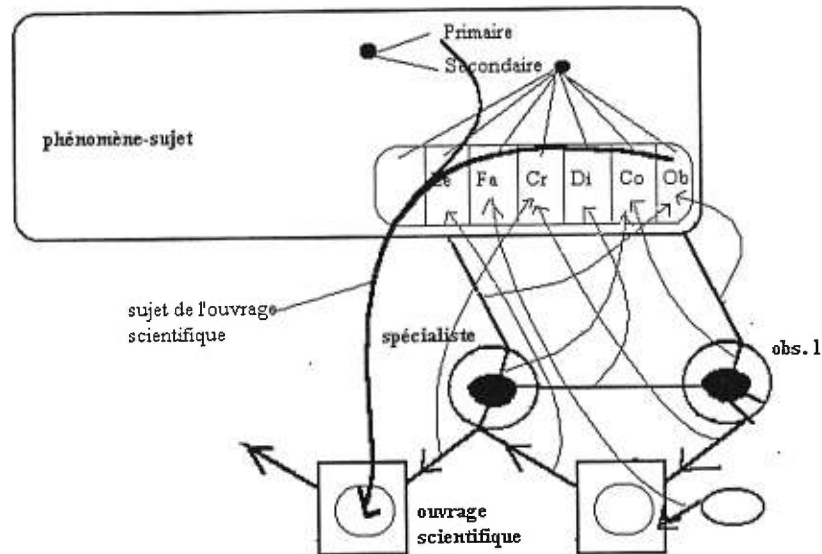
Figure C7.4: L'univers de l'explication de l'explication, étape 4

L'insertion du message dans cet objet (" la création ") constitue un nouveau phénomène qui ne coïncide pas nécessairement avec la construction (fabrication, genèse) de l'objet. Celle-ci peut connaître une multitude d'étapes et d'intervenants et constitue un phénomène à part. L'utilisation du support pour la " lecture " du message est un nouveau phénomène-processus secondaire à considérer tandis que le support et le " message " (image potentielle) enrichissent le monde des phénomènes-structures: physiques ou abstraits.

### *Le scientifique*

Introduisons maintenant un observateur scientifique (spécialiste) qui étudie le phénomène. D'une part, il l'observe directement, de l'extérieur ou de l'intérieur. D'autre part, il est le bénéficiaire des descriptions sur les observations des autres qui lui sont communiquées directement ou par des objets-soutiens (livres, films, etc.). C'est à partir de tout cet espace d'observations, d'un important processus de méditation, de son

expérience comme interprète, que le scientifique élabore son concept (image). Il s'y base pour concevoir des



ouvrages.

**Figure C7.5: L'univers de l'explication de l'explication, étape 5**

Les actes d'observation, de lecture, de conceptualisation et de création du scientifique enrichissent le monde des phénomènes secondaires (voir les lignes apparues sur la figure). Ils sont spécifiques au désir d'expliquer "correctement", ce qui suppose le respect d'un certain nombre de règles, établies et acceptées par une communauté scientifique. Observant de l'intérieur ces phénomènes secondaires, il pourrait les utiliser comme sources, arguments ou même comme sujets de son étude. La science du phénomène X consiste dans l'apparition d'une multitude de messages de cette sorte.

### *Moi, la thèse et le métaphénomène*

Le nouveau personnage introduit dans le tableau ... c'est moi: l'auteur de cette thèse T sur le phénomène X.

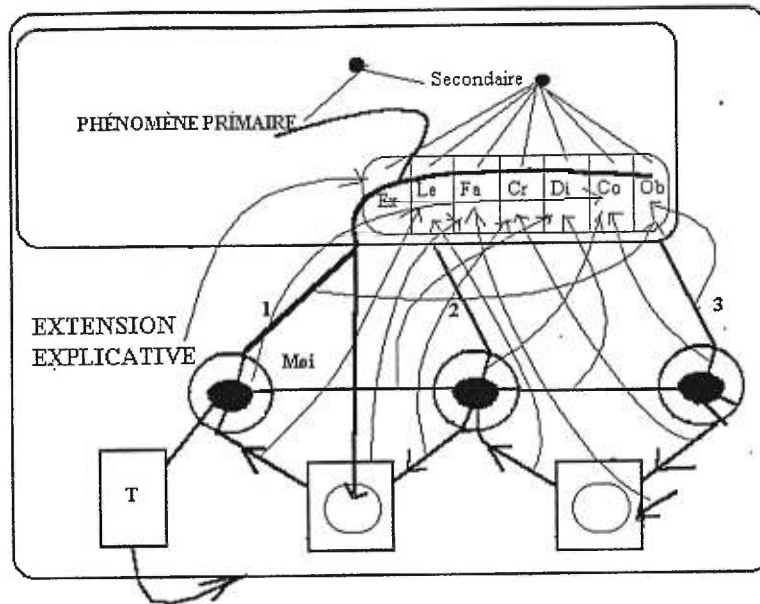


Figure C7.6: L'univers de l'explication de l'explication, étape 6

Toutes les observations faites déjà s'appliquent aussi à mon cas. J'ai observé le phénomène- processus directement. J'ai aussi observé directement les processus secondaires: observation, conceptualisation, communication directe, création et lecture des messages, par rapport au sujet X. J'ai discuté avec d'autres et j'ai connu leur point de vue en lisant la littérature. Les messages que j'ai reçus d'eux parlaient du phénomène X, du processus de son observation, de la conceptualisation des images propres aux auteurs, des mesures nécessaires pour "accorder" ces images pour arriver à une image "objective". Ils exprimaient des observations directes et des opinions sur les récits des autres. Ils provenaient d'un grand nombre d'ouvrages, encadrés dans une multitude de disciplines. J'ai essayé de faire un peu d'ordre dans cette fourmilière.

C'est ainsi qu'est née ma thèse, qui est le résultat d'un processus de formation et de traduction de mon image du phénomène X. Le rapport entre la thèse et le phénomène auquel elle se rapporte est en fait très complexe. Je n'y décris pas seulement le phénomène X en soi mais aussi les phénomènes de second ordre. J'y parle de l'observation, de la conceptualisation, de la communication directe, de la création/lecture des messages, déclenchées par le phénomène X. J'essaie de maintenir la distinction entre tous ces processus qui interfèrent, de préciser, dans la mesure du... lisible, les sources, la cible et la justification de mes observations. C'est une description pour un *système de phénomènes* liés à la connaissance partagée de X (observation, communication etc.) indissociables du phénomène central. J'appellerai ce système "métaphénomène" ou "extension explicative" de X ou "explication" de X -.

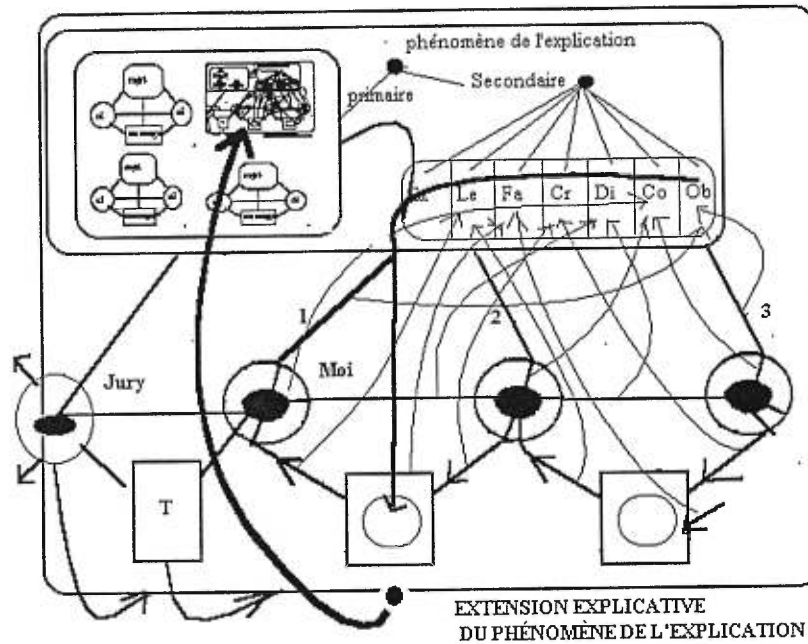


Figure C7.7 : L'univers de l'explication de l'explication, étape 7

Ma thèse est un objet-message qui s'adresse à tous ceux qui veulent la lire mais particulièrement à un jury qui doit l'évaluer. Cette destination spéciale a des implications importantes que je suis obligé de mettre en évidence pour expliquer son écriture. Le lecteur a déjà une conception sur le phénomène X et sur le métaphénomène de son explication. Il a observé directement, il a lu les observations des autres, il a essayé de le décrire. Il lira mon message à partir de cette base. Sur ce point, je suis totalement d'accord avec les constructivistes. Chaque lecteur observera la distance entre l'image qu'il a du phénomène X, avant et après la lecture de ma thèse.

Je suis arrivé au moment décisif de cette introduction progressive. Le sujet "X" de mon explication est le phénomène de l'explication. Le problème est que l'extension explicative de X (l'explication de l'explication), étant une explication, appartient à l'ensemble des phénomènes particuliers que X englobe! Un cercle récursif se ferme entre X et son extension, générant des réverbérations descriptives comme dans le cas d'une image captive entre deux miroirs qui se font face. Si j'ai tant insisté sur la description du système de l'explication d'un phénomène, ce n'était pas seulement pour présenter le rapport entre une thèse et son sujet, mais pour expliquer ma situation particulière! La description des sources d'observation et l'argumentation des affirmations obligent le discours à osciller entre l'explication et l'explication de l'explication qui est à son tour une explication! Une seule proposition peut parler simultanément du phénomène et du métaphénomène.



Quand l'observateur Z énonce: “ L'auteur Y n'a pas raison quand il affirme que le processus explicatif (X1) est [...] car [ ...] ”, le sujet de son affirmation est éparpillé dans le monde étendu de l'explication de l'explication. Il parle du processus explicatif X1, mais aussi du processus de l'observation (X2) et de la description (X3), de celui-ci par Y, et dans le même temps, il parle des processus X4, X5, X6 de conceptualisation vécus par Z, relatifs aux processus X1, X2, X3! Et ainsi de suite... Il n'est donc pas facile d'organiser l'exposition en séparant les sections selon des “ parties ” du phénomène ou de son extension explicative. Le désir d'une description structurée doit se plier face au besoin de plasticité que seules les descriptions narratives peuvent satisfaire.

### **La systémique dans la recherche développement – un projet de thèse**

La peur d'une abstraction macroscopique qui effleure la réalité, qui perde la densité du phénomène et échoue dans des trivialités, m'a déterminé à des études microscopiques de laboratoire. Cette analyse minutieuse est décrite dans la partie B. Ici je ne veux qu'expliquer son rôle dans ma démarche de synthèse, le fait que j'ai voulu rester ainsi dans la profondeur du sujet. La recherche-développement a essayé pourtant de rester systémique, ce qui m'a coûté un volume important de travail. Pour ne pas perdre de vue l'ensemble du problème à l'occasion des immersions dans les aspects particuliers, j'ai gardé tout le temps les cartes systémiques comme fond de mes démarches, en essayant de les raffiner progressivement.

Les divers rapports que j'ai élaborés pendant ma recherche de laboratoire, les effets de mes tentatives de description antérieures, la vision sur le monde de l'explication de l'explication m'ont déterminé à chercher continuellement la forme appropriée pour présenter mon discours. Le travail pour développer des didacticiels m'avait rappelé qu'un exemple expressif (une étude de cas) est parfois la meilleure façon de révéler une généralité. J'ai pensé qu'au lieu de traiter le problème général de la modélisation du processus explicatif, il aurait été mieux de modéliser un cas particulier expressif. J'évitais ainsi une partie des difficultés de modélisation déjà signalées et j'évitais aussi la dispersion énorme typologique des situations explicatives. Le recours à un cas concret me permettait d'utiliser les connaissances préalables de mes lecteurs sur la situation pour laquelle je proposais un modèle, ce qui facilitait l'interprétation de mon message. Il me restait de choisir un cas qui mette en évidence les phénomènes qui me préoccupaient.

J'ai choisi la démonstration des procédures par la coopération dans le triangle expert –ordinateur –novice pour des raisons expliquées largement dans la partie B. Mon projet de thèse a résulté donc de la confluence de deux questionnements. Le premier, théorique, ayant ses sources dans le désir de mieux comprendre un phénomène essentiel pour l'espèce humaine, consiste dans les interrogations suivantes. Que se passe-t-il

pendant une explication? Comment a lieu la vague des transformations physiques et psychiques qui permet la propagation des connaissances à l'aide de la résonance entre les deux partenaires? Comment sont utilisés divers instruments pour dépasser les obstacles qui séparent les protagonistes? Quel est l'espace descriptif qui nous permettrait de mieux refléter l'univers de ce phénomène? L'autre (le deuxième) questionnement est pratique, ayant ses sources dans la frustration que j'ai ressentie, en tant que concepteur de démonstrations assistées par ordinateur, cherchant des instruments appropriés pour décrire les processus que je voulais influencer. Je me suis perçu dans un univers anarchique de "modèles" partiels et souvent arbitraires et d'autres interrogations ont surgi. Quel serait l'axe d'une modélisation qui refléterait la multidimensionnalité de la démonstration informatisée? Comment pourrait-on réunir dans une description unitaire les aspects liés à la logique de la démonstration, à la forme et à la signification des messages, à la forme physique des signaux, aux changements d'état des objets-support, aux processus psychologiques individuels, à la résonance et à la dynamique du dialogue, à la mécanique des gestes, à l'équilibre des volontés et à la négociation de la décision?

Les deux problèmes, qui m'obsèdent depuis bien des années, ne sont pas indépendants. Ils forment un système qui réclame une solution globale. L'image du phénomène des démonstrations informatisées aurait dû être obtenue par l'application d'une théorie générale des processus d'explication. Mais cette théorie fait défaut et j'ai essayé de la suggérer par une argumentation implicite, intuitive et inductive, par exemplification. L'exercice de modélisation des démonstrations informatisées m'intéressait autant par son objet que par son esprit: d'une part il devait produire un nouveau modèle, d'autre part il devait montrer en action une vision sur le processus de l'explication, de laquelle pourrait émerger une nouvelle science.

Mon plan était de présenter un discours distribué sur deux pistes: celle de l'étude du cas particulier et celle des considérations sur le processus explicatif en général. Je voulais donner une certaine autonomie aux deux pistes, mais aussi profiter de leur parallélisme pour faire des références illuminantes dans les deux sens. Le sommaire proposée initialement pour la thèse exprime bien mes intentions:

Partie 1: Introduction

Partie 2: Vers une description des démonstrations informatisées: tour d'horizon

Partie 3: Une description des démonstrations informatisées

Chapitre 3.1: La procédure

Chapitre 3.2: La présentation d'une procédure ; conférence et composition

Chapitre 3.3: L'exploitation d'une présentation ; assistance et exploration

Chapitre 3.4: La coopération démonstrative et l'exploration coopérative d'une présentation

Chapitre 3.5: Polymorphisme, adaptation, métamorphose, évolution et pédagogie

Partie 4: Vers une description du processus explicatif - le roman d'une recherche  
Chapitre 4.1: Observations provenant de la participation  
Chapitre 4.2: Observations provenant de la lecture  
Chapitre 4.3: Observations provenant de la méditation sur le processus explicatif  
Chapitre 4.4: Observations provenant de la méditation sur les démonstrations informatisées  
Chapitre 4.5: Observations provenant de la rédaction de la thèse

Partie 5: Une synthèse sur le processus explicatif et sa description  
Chapitre 5.2: Un processus, des étapes et des sous- processus relativement séparables  
Chapitre 5.3: Un univers de contextes, de causes, de buts et de problèmes  
Chapitre 5.4: Un système de filtres d'analyse et un spectre complexe d'aspects  
Chapitre 5.5: Formules de synthèse, jeux des paradigmes et pluridisciplinarité  
Chapitre 5.6: Le niveau de complexité de la modélisation de l'explication  
Chapitre 5.7: Un système, des acteurs et des sous-systèmes relativement séparables

Partie 6: Conclusion

J'ai présenté ici la première version du sommaire pour ceux qui voudraient saisir le sens de mon évolution pendant la dernière étape de modélisation. Bien que les préoccupations et le nombre total des chapitres soit presque les mêmes, le mécanisme de mon discours est changée. Dans le projet initial, les parties 3 et 5, dédiés à la démonstration informatisée, respectivement au processus de l'explication, étaient les pôles centraux. La partie 4, le roman de ma recherche, devait expliquer mes démarches entremêlés entre les deux pistes d'action et par conséquence, mettre en évidence les liens entre les deux pôles de ma description. Les parties 1, 2 et 6 avaient des rôles auxiliaires.

Dans le discours actuel, la partie 4 sur le récit de pratique est devenu le fil conducteur. Dans la partie A de la thèse, le récit est dominant. Il naît, en déposant des idées sur les bords de la rivière narrative, de fragments qui complètent progressivement une première image sur le phénomène de l'explication. La partie B, penchée sur la démonstration informatisée, hérite de la partie 3 du plan initial mais s'éloigne de sa structure, car elle mise toujours sur le récit comme moyen de description. Ce n'est que dans les chapitres B7 et C8 que j'ai eu recours à des descriptions impersonnelles, pour honorer partiellement la promesse de fournir un nouveau modèle et une nouvelle application pour les démonstrations informatisées. Enfin, l'étude générale de l'explication a évolué, de la partie 5 projeté vers l'actuelle partie C, reprenant la forme initiale d'une série d'essais, accompagnée d'un récit de modélisation qui explique leur genèse (C1, C4 et C7).

Mais pourquoi le petit roman de recherche qui devait être la partie 4 a envahi toute la thèse tandis que les parties dédiés aux modèles se sont rétrécis? Il y avait une contradiction entre mon désir de refléter la complexité du sujet et celui de me faire comprendre facilement. L'idée d'accompagner les cartes systémiques par la modélisation d'un étude de cas ne semblait pas résoudre le problème. J'ai médité et j'ai

réalisé que *la seule façon d'expliquer mon aventure intellectuelle, était de la raconter!* Sans la narration je ne pouvais pas aider le lecteur qui aurait voulu se synchroniser avec moi pour regarder l'explication avec mon regard, pour raisonner avec moi et extraire ainsi ce qu'il trouverait intéressant dans mes raisonnements. Ce n'était que la narration qui me permettait de relever mes intentions, mes observations et mes intuitions. Elle me permettait aussi de lier les démarches hybrides que ma recherche a comportées. Elle était la seule suffisamment fluide pour combler les trous de mes “ modèles ” avec les bourgeons d'une réponse ou d'une question . Il me restait la tâche d'utiliser ce vieux instrument de description, pour composer une image cohérente.

Cette décision m'a obligé à réorganiser tout le matériel et à revoir les priorités. J'ai réduit la place de la modélisation des démonstrations informatisées, en préférant livrer, dans la partie B, une explication détaillée de mes démarches de développement. Le chapitre C8 contient seulement quelques extraits du l'ensemble de modèles que j'ai construit et que j'ai l'intention de raffiner et d'appliquer en pratique, en développant des TaxiNet et des NOVEX. L'autre piste à continuer est la modélisation du processus de l'explication, dans le cadre d'une discipline pour laquelle le chapitre C9 dresse un programme. Ainsi je suis parvenu à la forme actuelle de cette thèse qui se veut un rapport sur l'arrivée ... dans un point de départ !

## Chapitre C8: Essai sur la modélisation des démonstrations informatisées

### Une mise en garde

Ce chapitre n'est pas conçu pour une lecture facile mais pour bâtir une image abstraite, condensée des démonstrations informatisées. Il est donc plus aride que le reste de la thèse. Le lecteur pourrait y plonger s'il a le temps et le goût de sonder un exercice de formalisation.

Mon projet de modélisation a résulté de la confluence de deux questionnements. Le premier, théorique, consiste en les interrogations suivantes. Que se passe-t-il pendant une explication? Comment a lieu la vague des transformations physiques et psychiques qui permettent la propagation des connaissances à l'aide de la résonance entre les deux partenaires? Comment sont utilisés divers instruments pour dépasser les obstacles qui séparent les protagonistes? Quel est l'espace descriptif qui nous permettrait de mieux refléter l'univers de ce phénomène? L'autre questionnement est pratique, ayant ses sources dans la frustration que j'ai ressentie, en tant que concepteur de démonstrations assistées par ordinateur, cherchant des instruments appropriés pour décrire les processus que je voulais influencer. Quel serait l'axe d'une modélisation qui refléterait la " multidimensionalité " de la démonstration informatisée? Comment pourrait-on réunir dans une description unitaire les aspects liés à la logique de la démonstration, à la forme et à la signification des messages, à la forme physique des signaux, aux changements d'état des objets-support, aux processus psychologiques individuels, à la résonance et à la dynamique du dialogue, à la mécanique des gestes, à l'équilibre des volontés et à la négociation de la décision ?

Les deux problèmes ne sont pas indépendants mais forment un système qui réclame une solution globale. Le modèle du phénomène des démonstrations informatisées aurait dû être obtenu grâce à l'application d'une théorie générale de l'explication qui fait défaut. J'ai utilisé à sa place le système d'observations et d'intuitions sur le processus de l'explication présenté dans la thèse. Je m'attends à ce que cette vision soit exprimée par cet exercice de modélisation qui intéresse autant par son objet que par son esprit. Je me suis proposé de construire un modèle systémique du processus des démonstrations informatisées, axé sur le déroulement du processus explicatif. Une telle image pourrait aider un concepteur à prendre des micro-décisions sous l'influence d'une macro-vision. Le système à modéliser est formé par un expert qui démontre à un novice l'utilisation de l'ordinateur pour accomplir une tâche. J'ai choisi la démonstration des procédures opérables ou simulables pouvant être simulées avec l'ordinateur pour que la pertinence de l'utilisation de celui-ci ne soit pas discutable. L'anatomie et la physiologie du système sont complexes, supposant l'action parallèle et coordonnée des participants.

## Une description narrative et graphique

Commençons par le système opérateur - cible (l'exécution d'une procédure avec l'ordinateur).

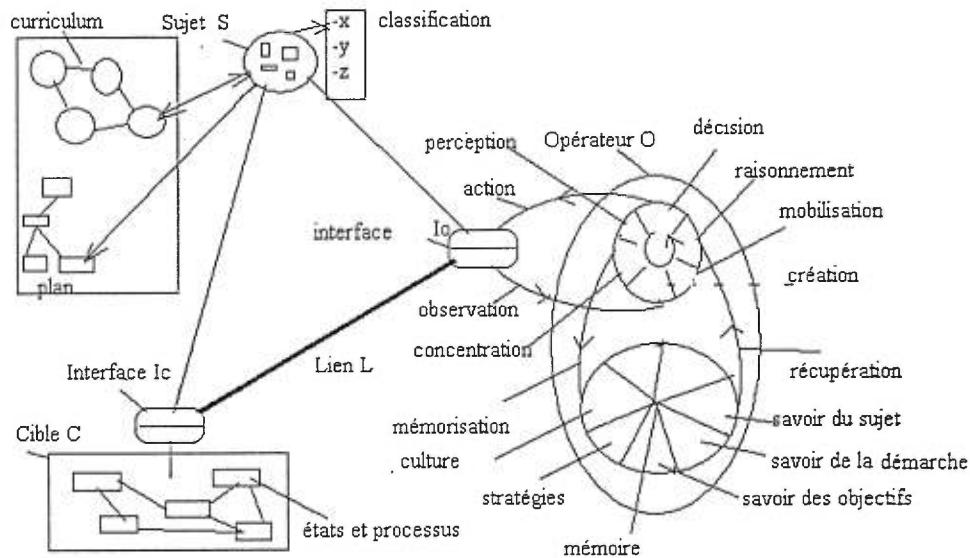


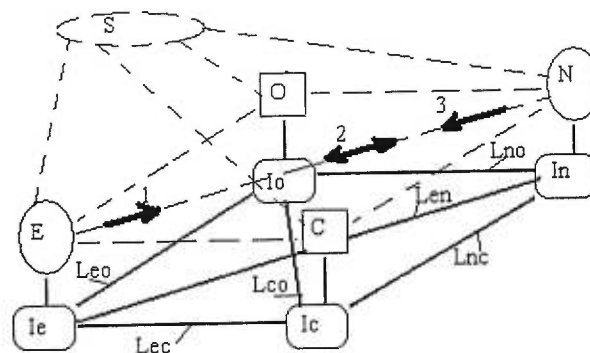
Figure C8.1: La procédure

La topologie du système comprend: un opérateur humain O, une cible vers laquelle se dirige la procédure, un lien de communication L et deux interfaces: Io ( par l'intermède de laquelle l'opérateur agit) et Ic (qui lie le canal de communication à la cible). La cible, les interfaces et le lien de communication sont à leur tour des systèmes, caractérisés par des paramètres, des états et des processus internes. Par exemple, parmi les caractéristiques de l'opérateur, nous pouvons considérer les états de sa mémoire (c'est-à-dire les connaissances théoriques, procédurales, générales, etc.) et les processus cognitifs (l'observation et l'action, pour le rapport avec l'extérieur, la mémorisation et la récupération, pour le rapport avec la mémoire permanente, la mobilisation, la concentration, le raisonnement, la création, et la décision, pour les processus centraux).

Pour poursuivre la dimension sémantique de la procédure, il est avantageux de recourir à un bloc abstrait, le "sujet" qui nous permet de représenter le sens de ce qui se passe pendant une certaine étape, par la projection du phénomène dans l'espace de sa caractérisation. Le sujet peut être vu comme un point dans un curriculum, un bloc dans un algorithme, une alternative dans une classification (taxonomie) ou un ensemble de mots-clefs qui servent à son indexation.

Le système explicatif de la démonstration ne peut pas se réduire à la procédure. D'une façon ou d'une autre, l'opérateur doit être assisté dans son opération. Mais l'étude minutieuse de la procédure est très utile car, celle-ci étant l'objectif de la démonstration, elle aura une grande influence sur son organisation. D'autre part, les rôles joués par les acteurs de la démonstration (l'expert qui présente ou qui compose, le novice qui assiste ou qui utilise) sont aussi des phénomènes de type procédural! Nous devons donc comprendre et représenter les activités qui s'enchaînent dans une procédure : l'observation de la cible, la consultation de la mémoire, le jugement, la décision et l'action, la mémorisation. Nous devons analyser la répartition d'une action entre la préparation, l'exécution et l'observation des conséquences. Nous devons saisir la décomposition en étapes et en sous-étapes et les rapports entre celles-ci, en faisant attention à la granularité appropriée pour décomposer la procédure. Nous devons observer aussi le rapport entre la procédure et le sujet. La procédure est un "point" dans un curriculum, une classification ou un plan? Ou bien, elle est une trajectoire dans l'espace d'un curriculum plus raffiné? Ou enfin, elle est décrite dans un document par un discours global qui n'est pas séparé en modules mais est caractérisé avec quelques mots clefs. Un autre aspect important est le rapport entre le faire et le savoir faire, que la méthode du "learning by doing" met en valeur.

Passons maintenant au phénomène de l'explication d'une procédure qui suppose deux acteurs humains: le démonstrateur et son élève, le bénéficiaire de la démonstration.



**Figure C8.2: La démonstration à deux**

Sur la figure on peut toujours voir les sous-systèmes des procédures exécutées par le novice ou par l'expert. Pourtant ces sous-processus sont différents par rapport à la procédure sans assistance. L'opérateur novice n'est plus seulement en rapport avec le sujet et la cible, par l'intermédiaire des interfaces et des liens, il est aussi en rapport direct avec son assistant E (cas synchrone) ou par l'intermédiaire de l'outil O (cas asynchrone). Son interface In le met en lien avec toutes les autres composantes. Parmi ses actions nous devons ajouter celles de consulter une documentation (quand l'outil O est un document classique ou électronique), de travailler sur une cible secondaire (quand O est un outil de simulation), d'écouter l'expert (quand O est une

fenêtre de communication), de suivre le partenaire pendant qu'il fait des gestes sur la cible C ou sur l'outil O. Le monde des caractéristiques des gestes de l'expert peut être enrichi de la même façon.

Les flèches de la figure attirent l'attention sur le fait que la signification de l'exécution change selon le rapport entre les deux partenaires. Parfois (flèche 1) l'expert démontre et le novice suit. Parfois (flèche 2) ils travaillent en coopération. Parfois (flèche 3) l'expert assiste le novice pour vérifier ou évaluer ce que celui-ci exécute.

Le caractère organique de l'ensemble ne permet pas une caractérisation par simple concaténation des rôles individuels. Pour comprendre cet aspect fondamental pour la modélisation, pensons à la différence qui existe entre les situations suivantes:

- E exécute ; N observe (espionne) sachant que E ne sait pas qu'il est observé;
- E exécute; N espionne pensant qu'il n'est pas observé, mais E sait qu'il est espionné et adopte une stratégie en conséquence (agit comme d'habitude, agit mieux pour faciliter la compréhension ou faire bonne impression, falsifie, etc.);
- E exécute sachant que N l'observe, mais ne sachant pas que celui-ci s'est rendu compte que E se sent observé;
- E exécute sachant que N, qui l'observe, est conscient que E se sent observé;
- E exécute pour présenter la procédure, après une entente avec N sur le rôle et le mécanisme de la démonstration.

On voit bien qu'il est difficile de formaliser ces nuances fines que le langage naturel nous permet de décrire. On voit aussi qu'il est impossible d'isoler les deux protagonistes du processus. Mais nous pouvons recourir à l'introduction progressive des éléments du système. En organisant en cascade l'étude de la collaboration explicative nous pouvons analyser l'espace global des caractéristiques. Ce faisant, nous traitons en même temps les cas simplifiés de démonstration. Le monologue du conférencier ou du concepteur d'un document est l'occasion de parler de la moitié "présentation" du phénomène. La position de l'assistant à une conférence ou de l'utilisateur d'un outil démonstratif sert de base à l'analyse de la moitié "réception".

L'analyse séparée de la présentation d'une procédure (conférence et composition) nous permet de nous concentrer sur la création de la démonstration par le présentateur. Elle fait abstraction du processus de réception, ne s'occupe pas de la façon dont le récepteur se synchronise au discours. Pour opérer une telle réduction et concevoir une demi-description du phénomène de dialogue, nous devons recourir à "une hypothèse de réception garantie" (le récepteur suit la démonstration sans problèmes). Cette simplification nous permet de faire des pas utiles dans la description du processus global. Nous pouvons ainsi ré-analyser



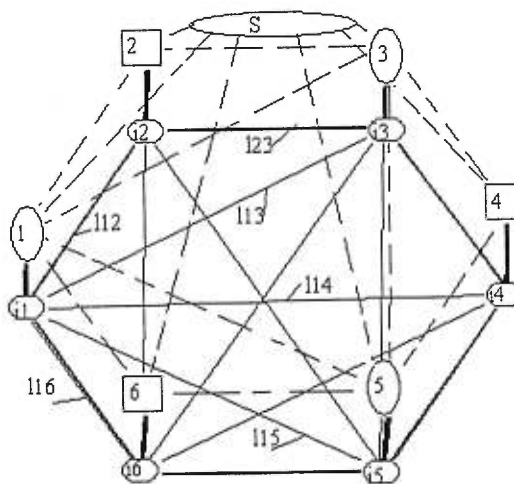
le rapport de la démonstration avec un curriculum. Nous observerons la différence entre la démonstration fidèle à la procédure sans assistance et celle modifiée pour des raisons pédagogiques. Puis, nous étudions les outils de la présentation: la carte, le modèle, le plan, la métaphore et leurs rapports avec le présentateur. Nous pouvons aussi analyser les modalités d'expression des messages, en rapport au moment de la procédure, qu'elles se proposent d'expliquer: l'action, la documentation, la décision, etc. Ce sera l'occasion de caractériser les interfaces. Enfin, en regardant le présentateur en train d'accomplir la tâche d'expliquer, on peut décrire cette procédure spécifique avec l'appareil mis au point auparavant, en observant les moments d'action, de décision, etc.

L'analyse de l'exploitation d'une présentation (assistance directe et exploration) déplace l'attention sur le novice bénéficiaire de la démonstration. Nous utilisons une hypothèse de travail symétrique à la précédente c'est-à-dire que le présentateur assure au lecteur une possibilité de réception correcte, pédagogique, lisible pour scruter seulement la façon de se synchroniser du récepteur. Dans le cas de la communication directe, l'élève "suit" le discours. Dans le cas de la communication indirecte, il l'explore. Des complications surgissent quand on veut exprimer la transfiguration du discours entre les formes potentielles et réelles. De quel discours démonstratif parle-t-on? S'agit-il de celui, pensé par son auteur, de celui, émis au moment de la composition, de celui, saisi ou compris par le novice, ou d'une abstraction qui les englobe? Pour décrire ces nuances on peut recourir à une métaphore empruntée à la physique lorsqu'elle définit une cinématique, une statique et une dynamique. Pour expliquer la différence entre le discours potentiel et le discours effectif, une attention spéciale doit être accordée aux problèmes de la perception. L'analyse doit mettre en évidence les caractéristiques de l'exploration asynchrone et de la réception synchrone d'une démonstration et doit définir des formules de combinaison synchrone- asynchrone.

Enfin, pour parvenir à la coopération démonstrative synchrone ou à l'exploitation coopérative d'une démonstration asynchrone, nous devons refaire l'unité du phénomène décomposé plus ou moins artificiellement pendant les étapes précédentes. Nous devons regarder la démonstration comme processus bi-humain. Dans le cas asynchrone, la fusion ne semble pas obligatoire. Cette thèse a essayé de contredire cette apparence, montrant l'essence bipolaire de la démonstration, qu'elle soit synchrone ou asynchrone et le rôle fondamental du dialogue pour la synchronisation. Nous devons donc analyser l'interaction par communication ou par action coopérative. Nous devons observer le rituel du dialogue et de la coopération pour comprendre le partage de l'observation, de la consultation, des connaissances, des raisonnements, des décisions et des actions et arriver à une description appropriée pour le processus à plusieurs acteurs. Les rituels et les protocoles de négociation des décisions doivent être étudiés et caractérisés. Une fois leurs mécanismes mis en évidence, nous pourrions expliquer la pédagogie du travail partagé entre le professeur et l'étudiant. Les triangles de "l'autoring" (expert-outil explicatif-cible) et de l'utilisation (novice-outil-cible)

apparaîtront comme des sous-systèmes du multi-pôle de la démonstration informatisée: expert-outil-cible-novice.

Les formalismes de représentation introduits progressivement pendant la chaîne analytique doivent être intégrés de façon à pouvoir refléter des phénomènes comme le polymorphisme, l'adaptation, la métamorphose, et l'évolution du système explicatif. Comment ont lieu ces phénomènes dans l'organisme du système et de quelle manière peut-on les représenter et les influencer? Quel est le lien entre l'adaptation vue comme versatilité, comme capacité de retrouver l'équilibre, comme évolution et comme forme d'apprentissage? Quelles sont les limites du polymorphisme imposées par la conservation et le coût? La modélisation pourrait soutenir la conception des outils capables de métamorphose, c'est-à-dire s'adapter pour permettre la variation du rapport entre le professeur et l'élève. Si l'outil devient si raffiné, s'il commence à se comporter de manière intelligente, notre modèle n'est plus satisfaisant et nous devons ajouter d'autres acteurs (agents) qui participent au mécanisme de décision et influencent le cours de l'explication. Le modèle multi-agents est important même quand il ne s'agit pas des agents artificiels, mais des intervenants humains comme: un moniteur, un superviseur, un collègue de l'expert, un collègue du novice. La topologie de tels systèmes se complique et il devient difficile de les représenter graphiquement. Le schéma suivant, établi pour le cas de trois acteurs, met déjà cette difficulté en évidence:



**Figure C8.3 : La démonstration à trois**

On observe l'interaction de trois acteurs 1,3,5 avec les trois objets 2,4,6 (qui peuvent être des cibles individuelles ou des outils de documentation), par l'intermédiaire des six interfaces  $i_1, i_2, \dots$ , qui sont liés par 15 canaux (liens)  $lij$ . Pour mettre en évidence des phénomènes comme "le passage du mode synchrone expert-novice au mode synchrone novice-moniteur supervisé de façon intermittente par l'expert", il faut disposer d'une modélisation appropriée. Nous pouvons essayer une description qui ajoute à l'expressivité des

graphiques et à la flexibilité de la narration la force de synthèse des représentations abstraites utilisées dans les sciences exactes, particulièrement dans la théorie des systèmes.

### Points de départ vers une représentation symbolique (formalisation)

Pour décrire les systèmes et les processus nous devons adapter les représentations au spécifique du phénomène à décrire et à la destination de la description. Pour des systèmes physiques relativement simples, les sciences exactes proposent un ensemble de “ grandeurs ”  $X_n$  qui caractérisent le système et des formules mathématiques qui lient les mesures de ces grandeurs, comme expression quantitative des liens physiques entre les composantes. L'évolution des grandeurs est inscrite dans des tableaux de valeurs ou figurée par des graphiques (“ les signaux ”) suggestifs. Des traitements mathématiques intéressants (dérivée, intégrale etc.) permettent l'étude profonde des ces évolutions.

On peut représenter une variation par *notation symbolique*, si elle correspond à des fonctions classiques comme: linéaire  $f(t) = at + b$ , parabolique  $f(t) = at^2 + bt + c$ , exponentielle  $f(t) = a^t$ , logarithmique  $f(t) = \log_a t$ , sinusoïdale  $f(t) = A \sin \omega t$ , etc. Cette écriture a la qualité de designer synthétiquement des processus.

La représentation graphique est plus compliquée quand le système est caractérisé par une multitude de grandeurs variables. Une manière d'illustrer les processus multidimensionnels est de superposer les tableaux de valeurs ou les graphiques de chaque grandeur.

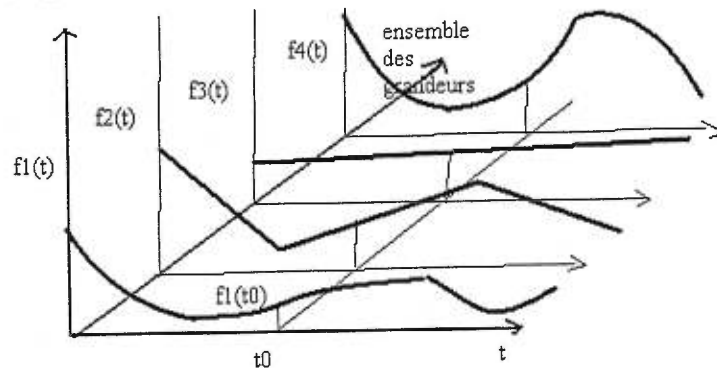


Figure C8.4: L'évolution d'un système de grandeurs physiques

C'est ce que les premiers astronomes avaient fait pour représenter les déplacements des planètes. Pour un homme comme Johannes Kepler, cette superposition d'évolutions n'était pas une forme de modélisation du système solaire. Il a cherché une formule condensée en quelques lois qui expriment les influences réciproques et qui permettent la déduction (l'explication) de toutes les orbites. La réussite spectaculaire de

son effort d'abstraction nous offre un exemple de modèle synthétique, isomorphe à la réalité, qui nous permet de déduire les comportements.

En visant cette variante de modélisation, la théorie mathématique des systèmes part de la définition d'un système comme un ensemble:

$$(1) (X, Y, S, f, g); S = f(S, X); Y = g(S, X)$$

ayant au centre un groupe de grandeurs  $S$  qui caractérisent "l'état". Cet état interne change en fonction des grandeurs influencées par l'extérieur, considérées comme "l'entrée  $X$ ". Cet aspect est exprimé par la fonction d'état  $S = f(S, X)$ . Les grandeurs "de sortie  $Y$ " (qui intéressent à l'extérieur) changent selon les lois  $Y = g(S, X)$ . Nous pouvons considérer que dans cette définition,  $S$  a un sens général et abstrait, représentant l'ensemble des états de tous les éléments qui composent le système et sont soumis aux variations pendant les processus.

Les variations  $S(t), X(t), Y(t)$  peuvent impliquer un certain nombre de grandeurs, séparables et mesurables formant "des vecteurs  $n$ - dimensionnels". Elles peuvent aussi symboliser des évolutions non décomposables en grandeurs physiques. La modélisation quantitative est un objectif important pour la science déductive, mais ne peut pas détenir le monopole dans la description du monde. La complexité des systèmes comme ceux qui sont biologiques, sociaux, cognitifs, communicationnels ou écologiques, ne permet pas la formulation d'un groupe de lois, desquelles on puisse déduire les évolutions. L'intervention de l'aspect plastique, ambigu, téléologique, probabiliste nous oblige à d'autres formes de description, qui ne visent pas la déductibilité précise mais la réflexion synthétique, cohérente et expressive des phénomènes que nous voulons comprendre et influencer. Les sciences exactes modernes ont aussi rencontré les paradoxes, les probabilités et le vague. Les sciences humaines ne peuvent certainement pas les éviter! D'ailleurs, au-delà des mathématiques quantitatives, les mathématiques modernes ont bâti un impressionnant échafaudage d'analyse structurelle et symbolique.

Les considérations des autres chapitres ont montré que nous ne pouvons pas obtenir une modélisation des systèmes explicatifs de manière à en déduire quantitativement et même qualitativement les processus, car nous ne pouvons pas préciser l'ensemble complet des états dont les variations représenteraient l'évolution du système. En observant les cartes des chapitres 5 et 6, nous saisissons que le  $S(t)$  abstrait de la formule (1) ne peut être réduit à l'ensemble des évolutions individuelles. Il faut ajouter les relations d'interaction  $I$  qui lient les composantes, donnant au système un caractère organique. On obtient ainsi la formule

$$(2) S = I(t), c_1(t), c_2(t), \dots ; S = I(t), c_\alpha(t), \alpha \in T$$

ou  $I(t)$  exprime les relations d'intégration entre les caractéristiques qui forment une topologie globale plastique. Dans la formule symbolique  $S = I(t), c_\alpha(t), \alpha \in T$ , le nombre  $\alpha$  de caractéristiques peut être naturel ( $T = 1, 2, \dots, k$ ) ou peut représenter une distribution vague des caractéristiques:  $T = \text{ensemble\_flou}$ ! La fonction d'intégration  $I(t)$  est difficile à matérialiser. Nous sommes loin de pouvoir préciser les fonctions  $S = f(S, X)$  et  $Y = g(S, X)$  du modèle (1)!

Pourtant, pour les praticiens des systèmes d'instruction, les formes expressives de présentation de la physiologie du système de la démonstration à l'aide de l'ordinateur devraient enrichir l'expérience personnelle. Les modèles théoriques doivent faciliter la communication des idées liées aux projets d'instruction, pendant la planification, le développement, l'exploitation ou la correction. Nous nous retirons donc à la position moins ambitieuse *d'illustrer les processus au lieu de les déduire*. Cependant, même cela est difficile. Nous ne pouvons pas recourir à des graphiques mathématiques pour représenter les évolutions quand les caractéristiques ne sont pas des grandeurs mesurables. Il nous reste le recours au graphisme métaphorique (diagrammes) très utile pour décrire la topologie du système, mais impuissant dans l'illustration des processus. Ceux-ci demanderaient une technique systématique de représentation par animation (symbolisation dynamique), que la science (la technique) n'a pas encore mise au point! Nous pouvons représenter les processus en les rapportant à une taxonomie appropriée, de la même manière que la courbe sinusoïdale est symbolisée par la notation  $f(t) = \sin(t)$ , supposant le renvoi vers un tableau complet de valeurs, géré par la science. La caractérisation par un renvoi à une taxonomie peut être accompagnée par un renvoi à une description détaillée, graphique ou narrative, contenue dans un document.

On comprend le recours salutaire des sciences humaines à la narration combinée à des manœuvres de structuration, de classification, d'indexation, d'illustration. Elles exploitent ainsi la capacité miraculeuse des hommes, si longtemps propagée, éduquée et raffinée, d'interpréter la narration qui peut à son tour décrire un mélange hétéroclite de structures et de processus. Entre les extrêmes de la modélisation quantitative, de la symbolisation générale (voir les formules 1 et 2) et de la narration combinée au graphisme (voir le paragraphe précédent), il faut trouver des solutions descriptives d'équilibre. Leur succès dépend du contexte et de la granulation adoptée. Les formules simplistes genre "algorithmes d'organisation de l'instruction" peuvent être aussi inefficaces que le plongeon dans les arabesques microscopiques de la cognition. Le design des systèmes explicatifs devrait probablement miser sur la force créative des acteurs humains participants et préparer seulement le cadre de leurs interactions possibles. Une modélisation qui corresponde à cette stratégie devrait séparer raisonnablement la sémantique du processus explicatif et sa physiologie extérieure pour permettre à l'ingénieur et au pédagogue de collaborer en jouant chacun leur rôle.

## La modélisation

Nous partons de la vision abstraite générale du système:  $(S, X, Y, f, g)$ . A cause de l'impossibilité de préciser  $f$  et  $g$  pour déduire l'évolution de  $S$ , du fait que le processus n'est pas déductible de la structure, nous devons décrire les processus (la "physiologie") à côté de la structure (l'anatomie), ce qui nous détermine à représenter le système comme une paire (Anatomie, Processus) ou

$$(3) S = (A, P); S(t) = (A(t), P(t)) = (Ia(t), a_\alpha(t), Ip(t), p_\alpha(t)), \alpha \in T,$$

ce qui suppose que dans  $A$  nous exprimons "l'anatomie" tandis que  $P$  représente la "physiologie" du système (ces expressions sont utilisées pour suggérer le caractère organique du système, par analogie avec le corps humain). Nous ne pouvons pas éviter la redondance de cette décomposition, car la physiologie est une chaîne d'états morphologiques. Pourtant, cette séparation nous permet de mettre en évidence la structure invariante du système et de ses composantes, respectivement la logique longitudinale des processus. En comparant (3) avec (2), nous remarquons l'utilisation de la décomposition  $p_\alpha$  de la physiologie autour des mêmes composantes que l'anatomie (les sous-systèmes appartenant à l'ontologie  $T$ ) et l'utilisation de la fonction  $Ip$  pour exprimer les interférences et refléter l'unité du processus global. Pour illustrer cette vision duale "structure- processus", analysons l'exemple de la figure suivante:

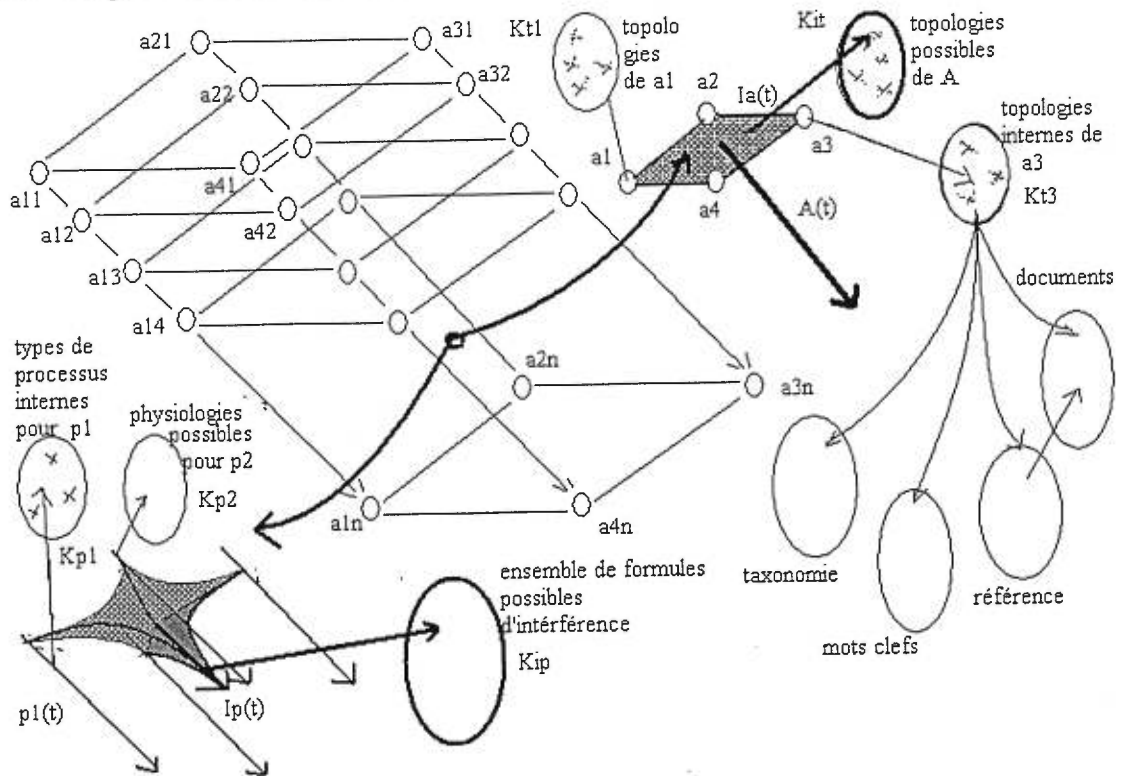


Figure C8.5: La dualité structure - processus

Le processus global entraîne un groupe d'acteurs qui effectuent ensemble une opération, continuellement ou dans une série d'étapes. Nous remarquons que le "volume" de l'aventure globale peut être décomposé de deux façons:

- Vision longitudinale (physiologique). Chaque "colonne" représente le fil  $P\alpha(t)$  d'un sous-processus vécu par un acteur  $\alpha$  et le faisceau global résulte de l'interférence de ces fils, caractérisée au long de la démonstration, par la formule  $I_p(t)$ .

- Vision transversale (morphologique). Chaque surface  $A(t)$ , englobe les composantes  $a_\alpha$  liées par la relation  $Ia(t)$  au moment  $t$  et représente la morphologie du système à ce moment. Le processus global résulte de l'évolution des morphologies.

En prenant à chaque moment l'ensemble des notes produites par tous les instruments d'un orchestre symphonique nous pouvons obtenir une section dans l'univers des portatifs, dont l'avancement crée la musique. Mais cette surface n'a pas trop de sens ni pour l'auditoire ni pour l'orchestre. En considérant la symphonie comme la somme des portatifs longitudinaux, nous obtenons la partition de chaque instrumentiste, mais nous n'avons pas encore le sens de l'ensemble si nous n'observons pas les relations entre les fils. La symphonie reste fondamentalement duale: évolution et structure. Cette analogie ne correspond que partiellement à notre situation. Dans le cas des démonstrations, le régime transitoire est important mais nous sommes aussi intéressés par les résultats morphologiques, les nouveaux états stables des objets et des consciences. Nous ne pouvons donc pas négliger ni les processus ni les états, ni les réduire les uns aux autres. La dualité morphologie-physiologie doit être conservée dans notre modèle.

La formule (3) est expressive, mais elle n'est pas pratique car elle ne met pas en évidence les moments importants de l'explication et de ses résultats. Elle se base sur une décomposition dans un ensemble  $T$  de "composantes-acteurs". Pour obtenir plus de flexibilité descriptive nous pouvons projeter la morphologie dans un espace de caractéristiques  $M$  et la physiologie dans un espace de caractéristiques  $P$ , sans toutefois renoncer à la topologie  $T$  qui exprime les acteurs et leur rapports. Les sciences exactes ne représentent pas dans leurs modèles les composantes physiques (ontologiques) pour ne pas les compliquer inutilement, mais choisissent certaines grandeurs caractéristiques. Nous pourrions définir des caractéristiques variées, qui dépendent éventuellement de plusieurs acteurs, décrivant l'organisme et non pas la chaîne de ses cellules.

Nous obtenons ainsi:

$$(4) S = (T, M, P) = (T_\alpha(t), I_t(t), M_\beta(t), I_m(t), P_\chi(t), I_p(t)), \alpha \in CT, \beta \in CM, \chi \in CP$$

Cette formule met en évidence les composantes-acteurs  $\alpha$  et leur topologie individuelle  $T_\alpha$  et globale  $It$ , les caractéristiques morphologiques  $\beta$  leur structure interne  $M_\beta$  et globale  $Im$ , les caractéristiques physiologiques  $\chi$  et leur composition interne  $P_\chi$  intégrées par  $Ip$  dans une description du processus global.

Pour avancer vers un modèle plus expressif, le raffinement de la partie "processus" serait nécessaire. Nous devons compléter la décomposition spatiale  $(T,N,P)$  avec une décomposition en "étapes"; pour cela, nous allons recourir à une modularisation sur l'échelle du temps:

$$S = S_1, S_2 \dots S_n = (T_k, M_k, P_k) = (T_{k\alpha}, It_k, M_{k\beta}, Im_k, P_{k\chi}, Ip_k), \text{ ou}$$

$$(5) \quad \alpha \in T, \beta \in M, \chi \in P,$$

$$T_{k\alpha} \in Kt_\alpha, It_k \in Kit, M_{k\beta} \in Km_\beta, Im_k \in Kim, P_{k\chi} \in Kp_\chi, Ip_k \in Kip,$$

$$k = 1, 2 \dots n$$

Cette formule nous montre l'avantage de la décomposition en étapes. Si nous réduisons la granularité sur l'échelle du temps suffisamment pour avoir à l'intérieur de chaque étape une stabilité typologique des topologies, des morphologies et des processus, nous pouvons recourir à une taxonomie  $Kt_\alpha$  pour classifier (caractériser) les topologies de chaque composante,  $Kit$  pour classifier la topologie de l'ensemble,  $Km_\beta$  pour classifier les caractéristiques morphologiques individuelles,  $Kim$  pour des formules morphologiques globales,  $Kp_\chi$  pour la caractérisation des processus individuels et  $Kip$  pour la classification des possibles formules d'interférence.

Il ne reste qu'à construire les taxonomies  $K$ , à projeter chaque étape dans leur espace et nous arrivons à une caractérisation du processus qui évite les détails des évolutions! Pour une description plus fine, nous pouvons ajouter au modèle (5) un espace de descriptions minutieuses (narratives, figuratives, cinématographiques, etc.). Supposons que, pour caractériser la topologie, nous disposions, en plus de la projection des étapes dans les espaces de caractérisation  $Kt_\alpha$  et  $Kit$ , de renvois  $Rt_k$ , vers des documents  $Dt_k$ , qui décrivent en détail la topologie de l'étape en question; de la même façon nous avons des renvois  $Rm_k$   $Rp_k$  vers des documents  $Dm_k, Dp_k$  qui expliquent en détail la morphologie et la physiologie. Ces renvois peuvent diriger vers des documents différents ou vers des parties différentes de documents communs:  $D_k = Dt_k \cup Dm_k \cup Dp_k$  décrivant une étape. Nous pouvons avoir même des documents  $D_t, D_m, D_p$  qui décrivent toute l'évolution de la topologie (morphologie, physiologie) et un document  $D$  décrivant toute l'évolution de la démonstration.

Nous obtenons ainsi une nouvelle formule complète:



$$S = (T_{k\alpha}, It_k, Rt_k, Dt_k, M_{k\beta}, Im_k, Rm_k, Dm_k, P_{k\chi}, Ip_k, Rp_k, Dp_k), \text{ ou}$$

$$\alpha \in T, \beta \in M, \chi \in P, k = 1, 2, \dots, n$$

$$(6) T_{k\alpha} \in Kt_\alpha, It_k \in Kit, M_{k\beta} \in Km_\beta, Im_k \in Kim, P_{k\chi} \in Kp_\chi, Ip_k \in Kip,$$

$$Rt_k \in Rt, Dt_k \in Dt, Rm_k \in Rm, Dm_k \in Dm, Rp_k \in Rp, Dp_k \in Dp,$$

$$Rt \cup Rm \cup Rp = R, Dt \cup Dm \cup Dp = D$$

qui met en évidence la caractérisation du système par projection dans une combinaison d'espaces:  
 -espaces de décomposition en éléments topologiques, morphologiques et physiologiques ( $T, M, P$ )  
 -espaces de caractéristiques topologiques, morphologiques et physiologiques locales et globales ( $Kt, Km, Kp$ );  
 -espace  $R$  des renvois vers un espace  $D$  de documents, qui contient des détails sur le système.

La formule (6) combine la grande granulation de la description symbolique à la fine description des détails contenue dans l'espace des documents. Nous y sommes arrivés par une opération d'abstraction et de modularisation dans l'espace et dans le temps, dont la variabilité n'est pas assurée dans tous les contextes. D'ailleurs, ce que nous appelons structure n'est qu'un processus qui ne change pas certains paramètres des composantes, une inertie morphologique, une partie invariante dans une évolution, une synthèse ontologique à partir d'un processus. En cas de très grande plasticité (variabilité), quand la topologie, la morphologie et la physiologie changent continuellement le point de projection dans les espaces des caractéristiques, le recours à la modularisation n'est plus très utile et nous pouvons revenir aux évolutions continues et globales, reflétées dans les documents narratifs ou dans les enregistrements du phénomène.

Nous pouvons disposer d'une description opérationnelle de la démonstration informatisée, mais nous devons faire la supposition raisonnable qu'il y a un certain nombre d'étapes ayant la formule de manifestation fixe. Pour restreindre la variabilité, nous pouvons diviser une étape en trois types de "phases":

- Les phases de type "Sp", quand le processus démonstratif se déroule selon un rituel de type invariable, portant le système de l'état  $Mk'$  à un état  $Mk''$ :

$$(7a) Sp(M'_k) = M''_k$$

Par exemple, le professeur dessine et explique un schéma; l'élève le regarde et l'écoute pour comprendre une notion. Nous pouvons considérer que le processus lie l'état de départ (l'élève ne connaît pas la notion) à l'état d'arrivée (il la connaît), et néglige les états morphologiques (cognitifs ou matériels) intermédiaires. La topologie et la formule d'interaction sont fixées. Le résultat final est l'enrichissement de la mémoire du novice avec une nouvelle notion (ce qui rappelle le Y du modèle général).

- Nous introduisons les phases de type "Sm" comme artifice pour isoler la caractérisation morphologique, nécessaire pour suivre les résultats stables de l'explication. Il n'y a pas, pendant Sm, de processus explicatif car cette phase consiste dans la stabilisation des états acquis, à l'aide des processus auxiliaires qui ne nous intéressent pas. Une interprétation directe de Sm serait la période d'attente avant de passer au pas suivant d'une démonstration, qui peut durer plus ou moins en fonction des intérêts des acteurs et du contexte extérieur. La phase Sm ne change pas l'état morphologique du système, mais se termine en déclenchant une nouvelle étape par le passage du pas k-1 au pas k:

$$(7b) Sm(M''_{k-1}) = M_k$$

La démonstration est un processus téléologique. Après la décision de continuer (Sm), les partenaires doivent négocier le rituel d'interaction et le sujet de la prochaine phase active (Sp) de la démonstration. La phase de négociation détermine la direction de l'évolution sémantique et communicationnelle de la démonstration en fonction de son histoire, de ses objectifs et de ses circonstances. La phase Sn peut ne pas se manifester explicitement, prenant des formes implicites. Par exemple, si la décision d'une continuation découle d'un plan préparé plus tôt, le fait de respecter le plan, une fois parvenu au moment k, est une décision tacite, mais a des effets. Nous pouvons considérer que la phase Sn est celle qui fixe le préalable Mk' pour la phase Sp :

$$(7c) Sn(M_k) = M'_k$$

Les formules 7a, 7b et 7c décomposent une étape en phases :

$$(7) Sk = Smk, Snk, Spk ; \text{ ou } Sm(M''_{k-1}) = M_k, Sn(M_k) = M'_k ; Sp(M'_k) = M''_k$$

Nous définissons en (7) une cascade entre la décision de continuer, la négociation du rituel et le déroulement d'un pas de démonstration. Cette sérialisation en phases peut être partiellement artificielle. Parfois les choses se passent de manière consécutive et la formule exprime bien une séquentialité causale. D'autres fois la négociation et le déroulement sont entremêlés sur toute la longueur d'une étape et la formule perd sa valeur de description temporelle exacte sans toutefois perdre son sens causal pour l'ensemble de l'étape. La séparation de Em, En et Ep comme les *pistes complémentaires de la caractérisation* de l'étape est très utile même si on ne les considère plus comme des phases distinctes. L'ingénieur profitera de la mise en évidence du Sn (qu'il doit faciliter), le présentateur regardera surtout le Sp (qu'il doit influencer), les autres observateurs (par exemple un bénéficiaire ou un analyste) se concentreront sur la piste Sm (qui reflète les modifications stables produites par la démonstration).

Le processus spécifique de la négociation pourrait rester inclus dans l'espace de la physiologique P, tel qu'il l'a été dans les formules précédentes. Pourtant, nous obtenons un éclaircissement en séparant les processus N de négociation du rituel explicatif des processus P du déroulement de la démonstration, conformément au rituel

choisi, car les deux types de processus ont des caractéristiques très différentes. Les phases de types  $En$  (négociations) sont caractérisées par les sources de la décision (l'histoire, le plan, la volonté libre, les changements imprévus du contexte), par le rituel de la négociation (voir aussi le chapitre B6 et l'annexe III), par le protocole de négociation valable pendant l'étape que le rituel effectif choisi respectera ou changera conformément à un métaprotocole. Il est évident que ce sont d'autres paramètres que ceux qui décrivent le processus explicatif (voir aussi le début de ce chapitre). Nous avons donc de bonnes raisons pour raffiner le modèle de la démonstration, en ajoutant la physiologie de négociation comme quatrième dimension, à côté de la topologie, de la morphologie et de la physiologie explicative.

$$\begin{aligned}
 S &= (T(t), M(t), N(t), P(t)) = (Sm_k, Sn_k, Sp_k) = (T_k, M_k, N_k, P_k) = \\
 &= (T_{k\alpha}, It_k, Rt_k, Dt_k, M_{k\beta}, Im_k, Rm_k, Dm_k, N_{k\chi}, In_k, Rn_k, Dn_k, P_{k\delta}, Ip_k, Rp_k, Dp_k) \\
 &k = 1, 2, \dots, n; \alpha \in T, \beta \in M, \chi \in N, \delta \in P; \\
 (8a) \quad T_{k\alpha} &\in Kt_\alpha, It_k \in Kit, M_{k\beta} \in Km_\beta, Im_k \in Kim, N_{k\chi} \in Np_\chi, In_k \in Kin, P_{k\delta} \in Kp_\delta, Ip_k \in Kip; \\
 Rt_k &\in Rt, Dt_k \in Dt, Rm_k \in Rm, Dm_k \in Dm, Rn_k \in Rn, Dn_k \in Dn, Rp_k \in Rp, Dp_k \in Dp, ; \\
 Rt \cup Rm \cup Rn \cup Rp &= R, Dt \cup Dm \cup Dn \cup Dp = D;
 \end{aligned}$$

$$(8b) \quad Sm_k \in Pstabilisation; Sn_k \in Pnégociation, Sp_k \in Pdéroulmen$$

$$(8c) \quad Sm(M''_{k-1}) = (M_k, P_k), Sn(M_k) = (M'_k, P'_k); S' p(M'_k) = M''_k$$

- ou  $Sm_k, Sn_k, Sp_k$  peuvent être des phases consécutives ou des pistes complémentaires.

La dimension N rappelle les éléments X et Y du modèle général, car elle surveille les buts et les entrées. Elle correspond surtout à la fonction f, car elle décrit la décision qui, pour les acteurs humains, est une combinaison de rigueur et d'initiative.

Nous pouvons aussi exprimer ces relations en forme matricielle:

$$\begin{aligned}
 (8') \quad S &= \begin{matrix} sm_1 & sn_1 & sp_1 & & t_1 & m_1 & n_1 & p_1 \\ sm_2 & sn_2 & sp_2 & & t_2 & m_2 & n_2 & p_2 \\ & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ sm_n & sn_n & sp_n & & t_n & m_n & n_n & p_n \end{matrix} = \begin{matrix} t_1 & m_1 & n_1 & p_1 \\ t_2 & m_2 & n_2 & p_2 \\ & & & \\ & & & \\ t_n & m_n & n_n & p_n \end{matrix}
 \end{aligned}$$

Nous parvenons ainsi à une décomposition de la procédure, comme séquence de n étapes, composées chacune d'une stabilisation de la morphologie avant le démarrage d'une nouvelle étape, d'une négociation pour le choix de la continuation et enfin du déroulement de l'opération active.

Pour chaque étape nous avons une caractérisation par projection dans:

- les espaces de décomposition en composantes topologiques, morphologiques et physiologiques  $(T, M, N, P)$ ;

- les espaces des caractérisations topologiques, morphologiques et physiologiques ( $Kt, Km, Kn, Kp$ );
- l'espace  $R$  de renvois vers un espace  $D$  des documents qui contiennent des détails.

La figure suivante représente graphiquement notre modèle:

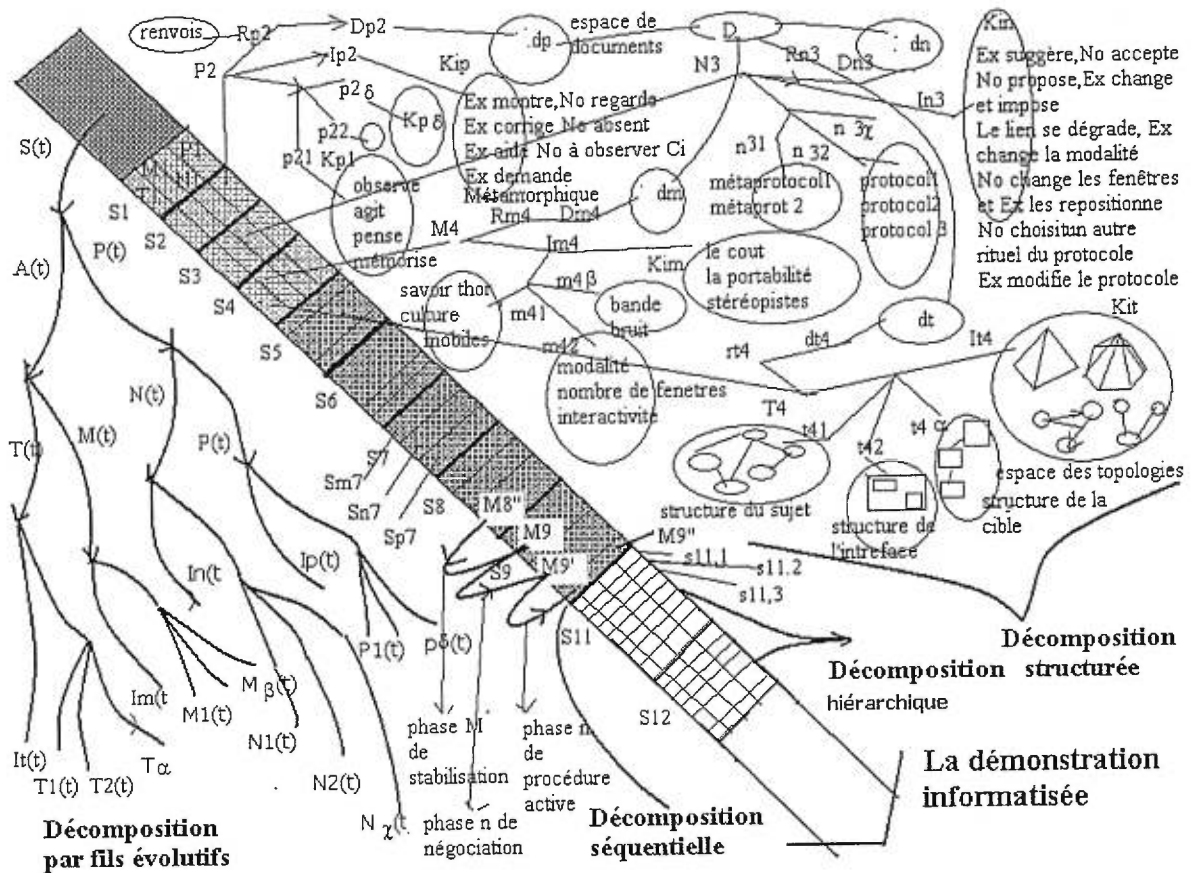


Figure C8.6: Le modèle de la démonstration informatisée

Remarquons sur la figure une quatrième décomposition ("hiérarchique") qui s'ajoute à celles exprimées par les formules 8 (continue, séquentielle et structurante). Cette nouvelle manière de regarder le phénomène est liée au désir d'avoir une flexibilité dans le choix de la granulation temporelle. Les intervalles qui délimitent les étapes dans les autres formules sont déterminés par un changement de typologie reflété dans un des espaces de caractérisation. Si nous utilisons des classifications trop minutieuses et que nous tenons compte de toutes les variations, nous obtenons une granulation si fine (beaucoup d'étapes) que nous retrouvons la complexité des variations continues. Par exemple, si nous considérons que chaque mot introduit par quelqu'un avec un éditeur de texte représente un changement d'état, nous pouvons arriver à un nombre d'étapes égal à celui des mots du texte! Nous simplifions la description si les espaces de caractérisation sont moins détaillés.

Il est possible que nous ayons besoin de combiner plusieurs stratégies de modularisation. Parfois nous avons besoin d'observer les fins changements de la position dans le curriculum, de l'aspect de l'interface, de l'attitude du novice. D'autres fois, ces variations ne nous intéressent pas et nous pouvons les encadrer dans des étapes plus grandes qui se terminent avec des changements qui nous intéressent vraiment. Nous avons donc besoin de grouper une certaine séquence d'étapes "atomiques" ( $S_k, S_{k+1}, \dots, S_{k+p}$ ) pour former une "macro-étape". Ou bien, au contraire, nous devons décomposer une étape  $S_k$  dans  $p$  sous-étapes, car pour diverses raisons nous sommes devenus intéressés par des événements plus fins. Pour permettre ce "jeu de la perspective", la modélisation doit devenir hiérarchique, à plusieurs niveaux de granularité. Un tel modèle ajoutera à (8) des formules de conversion comme:

$$\begin{aligned}
 S &= S_k, k = 1, 2, \dots, n; \\
 (9) \quad S_k &= S_{k_1}, S_{k_2}, \dots, S_{k_p}; & ; \\
 S_k, S_{k+1}, \dots, S_{k+p} &= S_k'; S_{k+p+1} = S_{k+1}' \dots
 \end{aligned}$$

et permettra (entre autres avantages) la formulation synthétique des chaînes répétitives d'étapes et le raffinement des espaces descriptifs. Le métabolisme sera caractérisé par plusieurs niveaux de hiérarchie comme: "atomes", "cellules", "tissus" "organes" , ou "moments", "intervalles" , "séquences", "chaînes", etc.

*Je ne ferai plus ici cette opération, ni celle de bâtir minutieusement les espaces de caractérisation qui apparaissent dans les formules antérieures. La thèse contient beaucoup d'éléments utilisables dans ce but. Il reste beaucoup de points à discuter, à corriger et à raffiner. J'aimerais, par exemple, justifier l'avantage que l'ingénieur obtiendrait par la description séparée des rituels de négociation, proposés plus haut et en général argumenter sur l'utilité (la pertinence) de mon esquisse de modélisation. Pour ne pas charger l'exposé, j'ai placé dans l'annexe III quelques considérations sur la négociation et sur l'application du modèle dans l'analyse du phénomène de la métamorphose. Je me propose d'élaborer sur la consolidation du modèle, peut-être dans le cadre de la science de l'explication pour laquelle je plaide dans le dernier épisode.*

*Je rappelle que j'ai commencé ce chapitre par une mise en garde sur son caractère aride. L'abstraction peut faciliter la synthèse sans améliorer la transparence. Cette expérience de formalisation aura pour le moins le mérite de justifier le recours à la narration en sciences exactes? A-t-elle préparé le lecteur, par effet de contraste, à la résonance émotive visée par le prochain essai?*

## Chapitre C9: Essai sur l'étude de l'explication

- un programme pour une nouvelle discipline-

### *1. Le but*

La science de l'explication étudiera le processus d'interaction qui permet aux hommes de comprendre un sujet de façon similaire, en se formant des images intérieures synchronisées qui reflètent des structures et des processus objectifs et subjectifs. Elle visera la compréhension unitaire de l'acte explicatif dans le métabolisme du système (l'organisme) social humain, clarifiant le mécanisme qui permet à l'espèce de multiplier de manière cohérente ses connaissances entre ses cellules individuelles.

Les théories des fractals ou des équations différentielles nous aident à saisir que la variété phénoménologique " pluricellulaire ", distribuée dans l'espace et évoluant dans le temps, peut avoir une source germinative unitaire. La SE (science de l'explication) cherchera des déterminations et des significations du phénomène explicatif, camouflées par sa projection sur la surface du présent ou par la réduction de son observation dans un tronçon trop réduit du développement de l'humanité.

La physique constate, par les champs électriques, magnétiques, gravitationnels ou nucléaires, que les entités qui coexistent s'influencent à distance et forment des unités intégrantes. L'explication pourrait se baser sur un champ spécifique inné d'inter-corrélation spirituelle humaine que l'éducation dévirtualise. Elle pourrait aussi être seulement un effet extrêmement subtil de la combinaison des champs physiques. Résoudre ce problème serait important pour notre perception du monde. La génétique a trouvé un micro-mécanisme à la base de l'activité de reproduction sexuelle, dont la biologie scrute le macro-mécanisme. La SE cherchera à la fois une éventuelle micro-clef et une macro- clef pour la reproduction cognitive. Elle tentera d'éclaircir s'il existe une attraction cognitive humaine primaire, opérant comme deuxième support physiologique de l'amour.

Si elle constate que le dialogue explicatif matérialise une forme primaire d'affectivité, la SE devra analyser la tendance de modification des rituels explicatifs modernes vers la séparation des partenaires. La technologie et la société actuelles proposent cette formule au nom de l'efficacité ou de la commodité et de la vision utilitaire sur l'explication. La SE devra estimer si cela ne met pas en péril l'affectivité bi-humaine, le métabolisme cognitif social et, en conséquence, la santé de l'espèce et de l'individu. Même si elle conclut que la résonance cognitive n'est qu'un épiphénomène, un effet psychologique auxiliaire, la SE devra expliquer le sentiment de communion spirituelle et le plaisir d'expliquer pour estimer correctement l'effet de leur réduction ou de leur remplacement par d'autres leviers de motivation pour l'explication.

## 2. *Les questions*

L'explication est-elle une action individuelle d'extériorisation du sens par des signes, accompagnée ou non par une action séparée d'interprétation? Ou bien, est-elle un acte essentiellement bipolaire de résonance sémantique qui s'appuie sur les réifications externes seulement comme outils de synchronisation? Expliquer, est-ce un acte de "transfert d'information" de A à B ou, une diffusion sémantique entre deux cellules de l'organisme humain global?

Comment est-il possible qu'un concept complexe, bâti à l'intérieur d'une conscience, soit reproduit dans une autre, de façon que la similitude des deux concepts puisse être constatée et puisse constituer un support pour des actes communicatifs (explicatifs) ultérieurs? La création et la vérification de cette similitude se basent-elles seulement sur une comparaison (corrélacion) extérieure (en se référant à l'objet matériel expliqué ou au modèle métaphorique d'un sujet abstrait)? Ou bien, le dialogue bâtisseur et vérificateur a-t-il une base intrinsèque qui soutient la résonance, dans la constitution cérébrale appareillée des partenaires?

Le média porte le message, est le message, ou dévirtualise le message? Quel est le lien entre l'explication "potentielle" ou "statique", contenue dans un objet explicatif ensemencé avec du sens par un auteur (ou dans un discours émis par un présentateur) et l'explication effective, "cinétique", vécue par le récepteur? Quelles sont les sources énergétiques de l'explication, quelle est sa "dynamique" liée à la motivation?

Quelles sont les limites ou les obstacles de l'accord explicatif et les facteurs favorables à l'obtention facile d'une résonance profonde? Comment la ressemblance constitutive, l'éducation des acteurs, leur connaissance réciproque, leur expérience de dialogue, la spécificité du sujet, l'expertise sur le sujet, les instruments utilisés pour la composition et la lecture, les conditions de la communication, contribuent-ils à la résonance explicative?

Quels sont les procédures pour transformer une information dans une explication? Les phénomènes de l'explication de sujets de type différents dépendent-ils intimement (émergent) de leur sujet en imposant une composition artisanale? Ou bien, ont-ils un dénominateur structurel (physiologique) commun, permettant à la composition de l'explication de se reproduire? Existe-t-il une "généricité explicitable" de l'explication qui puisse soutenir la composition et la présentation automatisées et intelligentes?

Quel est le potentiel et l'effet des nouvelles technologies de la communication? Permettent-elles une nouvelle physiologie explicative? Quelles sont les caractéristiques, les avantages, les moyens d'implantation et d'évaluation de l'apprentissage interactif? Comment peut être établi dynamiquement l'équilibre de décision entre l'apprenant et l'environnement d'apprentissage? Quelles sont les différences entre les environnements

structurés pour informer et pour instruire? Peut-on mêler efficacement les deux fonctions dans une seule structure environnementale flexible (métamorphique)? Quels sont les principes de l'organisation d'une base de connaissances en vue de maximiser "l'explorabilité"? Quels sont les lois de la présentation explicative en vue de maximiser l'absorption?

Comment une situation parallèle est-elle traitée dans un discours sériel pour être recomposée dans la pensée du récepteur? Comment le média graphique, offrant une vision simultanée de référence, aide le processus de décomposition-recomposition? Quels sont les rapports entre le curriculum et le discours? Quelles sont les particularités psychologiques qui influencent la dialectique sérialité-parallélisme et les principes architecturaux des explications sur plusieurs pistes?

La tendance de l'utilisation de l'ordinateur comme substitut du professeur et non pas comme un outil mis à sa disposition est-elle opportune? Est-elle réaliste? Une théorie "microscopique" du processus de l'explication-compréhension axée sur le métabolisme de l'interaction serait-elle opportune et possible? Une théorie unitaire de l'interaction n'aiderait-elle pas l'établissement d'une méthodologie de mixage entre la communication synchrone et la communication asynchrone?

Et ainsi de suite ...

### *3. L'objet d'étude*

La SE traitera de la complexité du système où se produit l'explication englobant l'élève, le professeur, le sujet, l'instrument de communication, le message, l'auteur, l'outil de composition, le fabricant des instruments, le bénéficiaire, l'ingénieur du système, etc.

Les sciences portant sur le "un" de l'individu (l'apprentissage, la cognition et la psychologie individuelle) sont intéressées par le processus de la compréhension (apprentissage) et éventuellement par le processus complémentaire, symétrique, de la présentation (enseignement), c'est à dire par les processus internes individuels de la formation des images. Pour les sciences s'intéressant à l'"Un" du système (la sociologie, la biologie, l'économie, l'ingénierie, la cognition et la communication sociale), ce qui compte c'est le fonctionnement de l'organisme englobant, en fonction des relations entre ses composantes. Pour la science de la communication homme-homme, l'objectif de l'attention est le "Un" de la paire (le "deux"), la réaction entre les deux pôles communicatifs. La sémiotique s'intéresse au triangle entre les deux partenaires et le signe qui les lie pour révéler un sens. Pour la sémantique, la logique et l'épistémologie, ce qui compte c'est l'architecture du sujet et la validité de l'explication, détachée abstraitement de ceux qui la vivent. Pour les



didactiques et la pédagogie, la stratégie de présentation est essentielle. Pour les diverses technologies, l'important c'est la structure, l'utilisation et la fabrication des instruments.

La SE incorporera ces manières de regarder l'explication selon la formule *Du "un" à "Un", par deux*. Elle n'oubliera pas l'existence des grands organismes (l'espèce et la société) pour lesquelles l'explication est physiologie et les organismes individuels (hommes) pour qui, elle est un lien essentiel avec l'extérieur. Mais la SE se concentrera sur la paire explicative (le couple), considérant la synapse résonante bi-humaine comme l'unité explicative fondamentale. Entre l'atome et le corps, la SE placera la cellule du DEUX, la bipolarité. Elle observera la paire humaine, engagée dans la danse explicative qui sous-tend le transfert du savoir.

L'homme le plus intelligent, celui qui possède l'univers cognitif le plus riche, ne peut pas faire concurrence à l'échafaudage de la connaissance humaine distribuée, où il doit placer d'ailleurs ses racines et ses fleurs. Les cellules humaines s'alimentent cognitivement par l'observation et par le dialogue. Ce qui leur permet de générer de nouvelles observations reflétant leur contexte et d'enrichir la connaissance commune, tout en profitant des observations des autres pattes du myriapode cognitif de l'humanité. La nature résout de manière stupéfiante la tension entre l'homogénéité et la variation! C'est comme si, en face de la complexité de l'existence, l'Homme, pour survivre, se décomposait en hommes communicants. Pour la cognition de l'espèce, la communication et l'explication permettent l'accumulation, l'enrichissement, l'adaptation et le raffinement continu de l'expérience cognitive. La cognition individuelle a besoin de communication non seulement pour se développer et permettre à son possesseur de dépasser les obstacles immédiats, mais aussi pour dépasser la mort de l'individu en évitant l'anéantissement de ses images. L'horreur que produit la perte de la bibliothèque d'Alexandrie, l'émotion des créateurs, l'attachement aux rituels et au patrimoine culturel témoignent de ce métabolisme. Indifféremment de la réponse que nous donnons à la question, "Évoluons-nous pour survivre ou bien survivons-nous pour évoluer?", nous pouvons observer le rôle essentiel que l'explication joue, à côté de la reproduction, dans le parcours de la spirale existentielle. L'acte bipolaire de l'explication sous-tend la survie et l'évolution cognitive de l'espèce et, tenant compte de l'utilité du savoir dans la vie, la survie et l'évolution tout court.

#### ***4. La méthode***

La SE abordera les processus explicatifs tenant compte de toutes leurs dimensions: sémantique, sémiotique, communicative, physique.

Les phénomènes étudiés sont classifiés selon des typologies physiologiques, poursuivies dans l'espace des systèmes complexes interconnectés, perçues comme des évolutions, observées par des angles variés, décomposés dans des spectres divers de problématiques.

La SE ne se trouve pas en face d'un objet d'étude fermé, fixe, ou à lente évolution (comme le métabolisme des organismes biologiques). L'humanité produit alertement des explications, parfois selon des formules nouvelles de manifestation. La panoplie de la physiologie explicative s'enrichit dans un rythme accéléré. Même le progrès de "l'explication de l'explication" est un exemple qui révèle, non seulement une problématique paradoxale, mais le fait qu'on est en face d'un univers phénoménologique ouvert, qui étend ses paradoxes en spirale. Le problème n'est plus d'organiser un inventaire, mais plutôt de trouver une logique (les règles, les tendances, le sens) de cette évolution continue. La SE cherchera un éventuel "alphabet" situationnel, une matrice générative pour cette évolution, une explication de l'explication narrative ou schématique, déterministe ou probabiliste, causale ou téléologique, harmonieuse ou anarchique, rigoureuse ou intuitive, convergente ou divergente.

À la recherche du rapport faste entre l'inertie et l'innovation, la SE mettra au point des formules d'interprétation propres, appropriées pour un phénomène complexe, hybride et labile, utilisant de multiples voies d'observation et les résultats des recherches pluridisciplinaires. Placée à la confluence de tant des sources, la SE ne pourra pas et ne se proposera pas de s'organiser autour d'un paradigme quelconque, mais restera ouverte à la pluralité des visions et des approches, cherchant leur fusion.

La méthodologie sera donc éclectique, systémique, labile, ouverte, opportuniste, pragmatique. La SE considérera les instruments analytiques comme de simple *moyens* perfectibles dont la variété enrichira le monde des observations et dont la synthèse empêchera la divergence. Les nombreux domaines, qui regardent l'explication par des prismes différentes et qui la décrivent dans leurs langages, donnent à la SE le mandat de réunir ces visions évoluant dans une structure descriptive polymorphe mais synthétique, évolutive mais unitaire, reflétant l'unité du phénomène décrit. Il s'agit d'un objectif délicat et difficile à atteindre. Tout en gagnant en profondeur, l'explication de l'explication devra faciliter, et non pas compliquer sa compréhension. L'univers des interprétations ne doit pas devenir plus difficile à comprendre que l'univers interprété. Réussissant une large fusion, la SE donnera un exemple de solution interdisciplinaire pour le traitement de la complexité.

La formulation intelligible des observations sur l'explication, dépassant le jargon des disciplines, ne sera pas seulement un modèle de dialogue et de récupération de l'unité, mais aussi un acte de décodage de la science pour offrir aux "non-spécialistes" l'accès à l'essence des phénomènes. Les experts impliqués dans la

recherche du “ fond des choses ” doivent offrir au “ public ” des résultats à sa portée, doivent rédiger des “ guides explicatifs du monde ”, parmi lesquels “ l'explication de l'explication ” a une place évidente. Avec un tel mandat de nature illuministe, la SE appuiera l'émancipation de la popularisation de la science.

### ***5. Les contributions***

La SE offrira ses résultats aux disciplines partenaires, en échange pour des informations, des visions, des méthodes et des modèles que celles-ci lui auront fournis, l'aidant à constituer son propre corpus scientifique. Elle utilisera un langage et des messages facilitant la lecture et suggérant des applications. Elle considérera d'ailleurs que c'est à elle d'établir un langage de communication interdisciplinaire et un protocole de coopération adéquats pour le dialogue sur l'explication.

La SE offrira à la didactique des études approfondies sur l'arc explication-compréhension et sur le partage de l'expertise; aux sciences cognitives, des observations fines sur les processus bi-cognitifs; aux sciences de la communication, une analyse spécifique de la communication explicative; à l'épistémologie, une autre vision sur le problème de l'explication; à la méthodologie de recherche, une investigation sur la pluridisciplinarité, la circularité et les descriptions hybrides (narratives et structurelles); à la théorie des systèmes, un exemple de traitement de la complexité; à la théorie des processus du discours, des observations sur le faisceau discursif, le discours potentiel et la bipolarité; à l'enseignement assisté par ordinateur, une étude minutieuse du triangle expert-ordinateur-novice et de nouvelles représentations des processus explicatifs; au multimédia et hypermédia, des idées de composition et de modélisation; à l'étude de l'interface (interaction) homme-machine, des considérations sur la dimension explicative des interfaces; à la simulation, l'étude de l'exploration coopérative d'une présentation; à la téléinformatique et l'enseignement à distance, l'analyse phénoménologique de la télé-démonstration; à l'intelligence artificielle et aux systèmes tutoriels intelligents, des observations sur la gestion de l'intelligence dans un système hybride d'acteurs; à la discipline du “ Computer Supported Cooperative Work / Learning ”, les principes de la coopération explicative informatisée. Ce n'est que le début d'une longue liste...

### ***6. Le lien avec les Sciences de l'éducation***

La SE pratiquera l'équilibre, de rigueur pour une vraie théorie, entre soutenir le désir de comprendre et d'intervenir. C'est une sagesse ou une harmonie que la pragmatique de l'explication ne peut pas atteindre seule. La SE pourra développer son propre champ d'application, mais il sera encore mieux qu'elle collabore avec les domaines classiques de “ l'explication appliquée ”. Elle aura donc des relations étroites avec “ l'ingénierie sémantique ” de l'explication (pédagogie, didactiques), sans toutefois se confondre avec elle.

Car la SE n'est pas motivée par la recherche d'une organisation plus efficace des activités explicatives, mais par le désir d'explorer le mystère d'un phénomène. Si l'on accepte que la gravitation, le magnétisme, la vie, la sexualité, la pensée méritent d'être scrutées en leur essence, dans une étude qui accompagne la tentative parallèle de les utiliser, de les influencer, l'explication justifie aussi les efforts interférents d'une science et d'une pragmatique. En tant qu'étude paradoxale, placée en cercle vicieux (l'explication de l'explication) la SE fait de la pratique en écrivant de la théorie et étend la théorie en faisant de la pratique.

Le fait que la SE ne sera pas une pragmatique de l'explication ne veut pas dire qu'elle n'étudiera pas attentivement les activités de ceux qui cherchent l'optimisation de l'explication. Cette étude est nécessaire pour comprendre de manière globale le fonctionnement des systèmes explicatifs. Les actes de composition pédagogique, de conception de curriculum et de recommandations méthodologiques, de rédaction de cours et de présentation de démonstrations, d'évaluation, d'élaboration de méthodes, de modèles et de paradigmes explicatifs font tous partie du phénomène explicatif généralisé. La SE doit suivre les processus dans toutes les directions qui les influencent. Mais cette étude restera dans le cadre de l'intérêt pour le phénomène. Même quand elle étudie le design explicatif sémantique, sémiotique, psychologique ou matériel, la SE propose d'expliquer et non de diriger ce qui se passe dans l'univers où vit l'explication. Cette attitude est complémentaire à l'approche de la didactique et du "design de l'instruction"; la SE surveille le concepteur pour expliquer ce qu'il fait et non pas pour lui expliquer ce qu'il doit faire.

Il est toutefois évident que ces observations pourront être utilisées par l'ingénierie de l'explication et influenceront implicitement la pratique. Il n'y a pas d'observation sans effets sur la chose observée. Les pédagogues (auteurs, technologues) trouveront dans la SE des sources d'inspiration ethnographique, des considérations de synthèse (classifications, hiérarchies, modèles etc.) et même des recommandations explicites, corollaires des résultats théoriques. Ainsi se fermera le cercle entre le design de la description et la description du design et se renforcera la relation bilatérale entre la SE et les domaines d'explication appliquée.

L'absence d'un caractère explicitement pratique est une spécificité de la SE par rapport aux sciences de l'éducation. Les deux domaines ont aussi beaucoup d'éléments communs. Certains efforts de consolidation théorique des sciences de l'éducation sont intégrables dans la science de l'explication. Celle-ci pourrait à son tour contribuer aux "fondements de l'éducation" ou participer comme une discipline dans l'ensemble des "sciences de l'éducation". Dans l'intérêt du nouveau domaine cette inclusion ne devrait pas être faite au début, pour que la SE ne reprenne pas intégralement l'esprit actuel des sciences de l'éducation mais qu'elle avance sur de nouvelles pistes.

D'ailleurs la correspondance entre “ l'explication ” et “ l'éducation ” est partielle. L'éducation se base sur des explications mais poursuit des objectifs plus vastes. Elle a les connaissances comme but et l'explication comme moyen. L'apprentissage en est le processus central. Pour la SE, le centre de l'intérêt est le processus explicatif vécu par un couple ou une paire humaine consonante et les connaissances transmises ne sont qu'une partie du phénomène. *La paire enseigner-apprendre est remplacée par la paire expliquer-comprendre.* C'est une étude du processus, du transitoire, complémentaire à celui qui vise la statique cognitive. L'éducation vise la transformation stable, la construction globale, tandis que l'explication est un événement transitoire ponctuel qui permet le partage momentané du sens avec des répercussions cognitives plus ou moins étendues.

Le processus explicatif a lieu souvent dans des contextes qui ne sont pas considérés comme “ éducation ”: la documentation (l'information), l'assistance (l'aide à la tâche), la coopération avec un maître ou un collègue. Quand nous expliquons à quelqu'un comment trouver une adresse, quand nous expliquons au jury une thèse de doctorat, quand nous expliquons à un visiteur l'organisation d'un musée, quand nous expliquons à un client ce que nous voulons lui vendre, quand nous expliquons à l'électorat les manœuvres politiques des adversaires, nous ne disons pas forcément qu'il s'agit d'éducation. La SE permettra un regard unitaire sur ces situations qui font appel à des explications et inspirera la construction des instruments qui combinent diverses formes d'assistance informationnelle.

### ***7. Le lien avec la technologie de l'éducation***

L'explication suppose l'utilisation de symboles, organisés en messages, placés sur des supports matériels. Le fond, la forme et le support matériel sont des dimensions intrinsèques de tout acte explicatif et ne peuvent pas être séparés. Nous reflétons un objet dans un concept et puis, pour expliquer le concept, nous utilisons un autre objet porteur de message. Cet objet explicatif peut être décrit à son tour (expliqué) à l'aide d'un troisième objet-support, etc. Les objets et les concepts réverbèrent entre deux miroirs; nous avons des concepts qui reflètent des objets qui reflètent à leur tour des concepts et des objets qui reflètent des concepts qui reflètent des objets... Nous avons besoin, pour communiquer, de réifier et de déréifier continuellement. L'explication est une procession bi- humaine, réversible, de matérialisation-conceptualisation. La réification transitoire de l'explication synchrone est combinée avec la réification permanente, propre à l'explication asynchrone qui inscrit du sens dans des objets servant de mémoire. Il en découle que l'explication implique une ingénierie sémiotique et une autre instrumentale qui s'ajoutent à celles sémantique et psychologique.

Les acteurs de l'explication doivent travailler de façon multidimensionnelle. Un présentateur sait ce qu'il explique (expertise de la compréhension du sujet), à qui il explique (expertise psychologique et de synchronisation avec le partenaire), avec quelle forme/signé il explique (expertise sémiotique de

composition). Il sait aussi comment choisir, adapter et utiliser les instruments (expertise technique). Dans les situations complexes, ces expertises sont difficiles à réunir et à coordonner efficacement par un seul acteur. “ L’explicateur ” peut être soutenu avec une aide sémantique et didactique (manuels, méthodes etc.) ou avec une aide sémiotique ou technique, qui deviennent nécessaires surtout si les langages et les instruments utilisés sont compliqués.

C'est ici qu'un technologue spécialisé peut intervenir. Celui-ci doit répondre à des questions comme celle-ci “ Quel instrument permettrait le mieux à un auteur de créer un objet explicatif avec lequel un professeur, dans un certain contexte, expliquerait un sujet à un élève pour que celui-ci apprenne une connaissance qui lui permettrait d'atteindre une performance désirée par un bénéficiaire E ?” En plus d'un rôle de guide dans la construction et l'utilisation des instruments, l'ingénieur de l'instrumentation de l'explication aura la tâche d'organiser, sur des principes d'optimalité, le fonctionnement des systèmes explicatifs complets.

Pour évaluer le potentiel des instruments et chercher l'optimisation des systèmes explicatifs, l'ingénieur a besoin d'un support théorique adéquat, c'est-à-dire de modèles opérationnels des systèmes et des processus impliquant des idées, des hommes et des objets en interaction ! La SE pourra observer et appuyer ce spécialiste, en renforçant les bases théoriques de la technologie de l'éducation.

Si le besoin pratique d'une compréhension minutieuse et complète de l'acte explicatif, d'une vision microscopique, n'a pas été ressenti dans le passé, c'est que les “ explicateurs ” humains incorporent naturellement un savoir implicite de compréhension et de communication. Ce savoir peut se renforcer par l'expérience et par des macro-recommandations pédagogiques. Mais au moment où on essaie de simuler une partie de l'intelligence de ces acteurs en “ l'implantant ” dans des machines (ordinateurs) qui devraient jouer un rôle explicatif actif, les macro-indications ne suffisent plus. Pour pouvoir former une paire explicative avec le récepteur humain, le partenaire artificiel doit l'observer continuellement et finement, dialoguer avec lui, générer des réactions en réponse à des situations ouvertes, entrer en résonance cognitive. Même si l'effort d'accord conceptuel se base sur des messages préparés par un auteur humain, l'automate inséminé avec de l'intelligence explicative doit “ comprendre ” suffisamment ce qui se passe pour contribuer à la synchronisation qui permet la résonance retardée entre l'auteur et le lecteur (comme le ferait un enseignant). Pour explorer le potentiel des automates comme agents explicatifs, pour saisir s'ils peuvent intervenir sémantiquement, sémiotiquement, psychologiquement ou s'ils peuvent seulement offrir une interface facilitant l'accord des partenaires humains, la micro-compréhension du processus de l'explication sera nécessaire.

## 8. Le rapport avec la dynamique et l'histoire

La SE étudiera le rapport entre le régime transitoire appelé “ compréhension ” et les états stables, appelés “ connaissances ”. Elle observera la dynamique et l'histoire conceptuelle (la vie des concepts) et se demandera si le volume temporel des idées est réductible à leur forme statique (stabilisée). Elle cherchera de nouvelles significations en regardant les concepts longitudinalement. Elle observera les conséquences des conditions qui ont agi sur les formes précédentes des concepts en déterminant leur forme présente et en leur imprimant une ligne d'évolution. Elle cherchera les racines de la structure dans le temps et les évolutions qui découlent des relations dans la structure.

L'introduction de la vision historique sur le savoir et l'éducation combinerait les intuitions constructiviste, sociologique et du “ développement humain ”. Les hommes qui expliquent continuent un unique processus universel de modélisation distribuée. Il serait bien de reconsidérer la pratique courante qui alloue à l'histoire des idées une place trop en annexe, décorative ou culturelle. Entre un sujet, son évolution et son partage, il y a des tissus trop complexes pour qu'on puisse séparer une science de sa didactique ou de son histoire. Si on conclut que les explications engendrées dans les diverses sciences ne sont pas de simples accidents (événements particuliers) mais forment un véritable corpus complet, leur vrai métabolisme, irréductible à un échafaudage de notions statiques, on pourrait regarder et organiser différemment l'univers scientifique plastique bâti dynamiquement par des explications ...

## 9. *Le rapport avec la philosophie, l'épistémologie et la sémiotique*

La SE analysera les points de vue philosophiques et sémiotiques sur le rapport entre un sujet, son observation et le partage de l'observation par la communication. Elle se demandera si l'entité conceptuelle n'est pas seulement duale (à double dimension), émergeant du rendez-vous réalité- conscience (comme le propose la phénoménologie), mais irréductiblement tri-dimensionnelle, impliquant toujours la source, l'image et la communication. L'explication est seulement un processus intermédiaire de transmission du concept (ou de réflexion indirecte du sujet) ou bien un acte de physiologie conceptuelle, vécu par l'organisme social? L'explication est-elle une manifestation épiphénoménale, ou bien, le vrai cadre d'existence des “ savoirs ”, leur dimension processuelle? La SE cherchera le sens du “ sujet en soi ”, du concept non-négoié. L'idée abstraite (non-contextualisée dans une pensée) est-elle une convention nécessaire pour la compréhension des idées complètes (intérieures et partagées) ou a-t-elle une existence autonome, à laquelle les concepts subjectifs se rapportent? La multiplication des concepts partagées pourrait être vue, comme en sémiotique, comme un processus de circulation des signes ?

La SE participera aux efforts de comprendre le mécanisme de l'explication comme justification des phénomènes, mais ne réduira pas l'explication à la recherche du "Pourquoi?" logique qui intéresse l'épistémologie aujourd'hui. Pour la SE, les phénomènes très complexes peuvent avoir des justifications déterministes, probabilistes ou téléologiques, mais inexprimables explicitement. Décrire la morphologie, la physiologie, la pathologie et l'ingénierie d'un tel système, répondre aux questions "Quoi?", "Comment?", "Quand?", "Combien?", c'est aussi une façon d'expliquer le système, dans le sens commun du terme c'est-à-dire aider quelqu'un à comprendre quelque chose. La SE réhabilitera "*l'explication descriptive*" à côté de celle "nomologique-déductive" ou "statistique-probabiliste", que d'ailleurs elle peut englober comme des formes spécifiques d'explication.

Cette attitude pondérée, qui accepte l'explication plus ou moins inspirée, plus ou moins synthétique, plus ou moins "vraie", plus ou moins "autoritaire", plus ou moins "rigoureuse", plus ou moins "complète" facilitera la rencontre fructueuse entre les sciences "humaines" et les sciences "exactes", entre le savoir déductif et le savoir intuitif. C'est un éclectisme normal car, vue comme processus, traitée comme physiologie, l'explication a en plus de la dimension logique, d'autres dimensions (communicative, rhétorique, psychologique) qui obligent à un traitement qualitatif. C'est une position gnoséologique plus prudente que l'orgueilleuse affirmation de la "déductibilité généralisée"...

#### ***10. Le rapport avec l'écologie ; entre comprendre et changer***

La SE ne fera pas de la propagande pour des rituels, des technologies ou des politiques, mais cherchera des réponses aux questions d'écologie éducationnelle qui sont devenus pressants une fois que l'homme- individu est devenu capable de modifier l'environnement de façon à changer le métabolisme cognitif de l'Homme-espèce.

Nous mélangeons l'écriture "dedans" avec l'écriture "dehors" et nous donnons naissance à un microcosme mental appareillé avec un macrocosme d'objets. Nous étendons le monde des messages, nous changeons les rituels opérationnels et communicatifs, nous introduisons des nouveaux signes et des instruments de communication. Au bout de chaque spire changeante du monde des objets, nous changeons son image dans le miroir cognitif et chemin faisant, nous modifions la structure conceptuelle des sujets observateurs, ce qui les déterminera à de nouveaux changements extérieurs. Le rituel de la propagation du sens est affecté par celui de sa coagulation individuelle qui l'affecte à son tour. Mais quel est le rythme sain de cette cascade? La SE devrait estimer de quelle manière le développement de la connaissance collective et celui des techniques pour sa synchronisation influenceront l'accélération de notre activité fébrile et seront influencés par cette



accélération, pour déceler d'éventuelles "boucles de réaction positives" trop fortes, destructives, cancérigènes.

Devenues de plus en plus éphémères, obligées à une caducité précoce, les constructions cognitives solides et les efforts éducatifs massifs risquent la dévalorisation, laissant la place à des formes de communication "en route" et à un nouveau type d'homme. L'image individuelle et collective d'un monde trop labile ne peut qu'être, elle aussi, continuellement désynchronisée ou labile, de plus en plus fluide, ce qui pose des problèmes philosophiques et d'écologie psychosociale. Un rythme trop avancé de changements extérieurs reflétés vers l'intérieur risque de bousculer le métabolisme cognitif individuel normal et créer un stress profond et généralisé. Au niveau du métabolisme de l'espèce, si l'évolution naturelle tend à transcender les changements déstabilisateurs de l'environnement, il est étrange qu'on veuille les accélérer! Si nous évoluons pour une autre raison que la stabilité, il serait curieux que les initiatives humaines arbitraires puissent créer exactement les problèmes métaboliques nécessaires pour que nous nous approchions du but en essayant de les dépasser!

Étant donné que la propagation du savoir par explication a un rôle si important dans le métabolisme cognitif collectif, la SE doit se poser le problème de l'équilibre entre le changement et l'inertie. Faut-il contrôler le dynamisme du développement technologique pour harmoniser l'inertie de l'univers extérieur avec l'inertie de la conscience distribuée immergée en dedans? Ou devons-nous former de nouveaux hommes acquérant une cognition très fluide, pour lesquels "les mises à jour continues" ne représenteront pas ou n'augmenteront pas le stress? Ce genre de méta-ingénierie opérerait-il naturellement ou serait-il dirigée? Serait-il bénéfique, inefficace ou nuisible? L'homme devrait-il être construit, ou vécu tel quel?

Tant que nous vivons dans une humanité corrélée mais variée, nous rencontrerons des hommes et des sociétés "arbres", qui s'attachent à leurs "passé-racine" et qui n'aiment pas un rythme trop vif de changements; ce sont les "conservateurs". D'autre part, nous rencontrerons des hommes et des groupes de type "oiseaux" qui vivent intensément le rythme de leur "présent-ailé", pour lesquels les changements sont toujours trop lents, ce sont les "progressistes". Utiliserons-nous l'explication comme phénomène d'osmose pour prédisposer les cellules de l'organisme humain à un rythme d'évolution unique? Ou bien, utiliserons-nous le dialogue pour la compréhension réciproque et la recherche du compromis entre les "accélérateurs" et les "freinateurs"... qui s'accepteront comme une variété nécessaire, belle ou mystérieuse dans le jeu de l'être?

## Épilogue

Observation: Cet épilogue forme un tout avec le prologue, que vous pouvez relire avant de continuer.

### Le sujet et la vision

La thèse décrit un processus de recherche long et hybride. L'objectif des vingt années d'études que je résume ici est la compréhension du phénomène de l'explication, terme utilisé dans son sens courant d'assistance offerte à quelqu'un pour comprendre quelque chose. Mes intérêts pour le processus de communication, pour le régime transitoire et pour la dynamique cognitive sont mis en évidence par la concentration sur la paire expliquer-comprendre au lieu de la paire enseigner-apprendre, visée par les sciences de l'éducation.

Une grand éventail de situations peuvent être encadrées dans la catégorie définie plus haut. On peut noter un rapport subtil entre " explication " et " présentation ", " information ", " description ", " argumentation ", etc. Quand A raconte à B le déroulement d'un événement auquel celui-ci n'a pas participé, ou lui présente un fait que celui-ci ne connaît pas, on peut parler d'une explication-narration, ou d'une explication-description ou d'une explication-information. Quand A communique à B le sens d'un message écrit dans une langue inconnue ou cachée dans une forme hermétique ou codée, il fait appel à une explication-traduction, une explication-décodage ou une explication-interprétation. Quand A montre à B comment on doit utiliser un certain instrument ou exécuter une certaine opération, il se passe une explication-démonstration. Quand A révèle à B les causes ou les buts qui ont conduit à une certaine situation, il utilise une explication causale ou téléologique. Quand A applique une théorie pour justifier à B une conclusion, il s'agit d'une explication déductive ou nomologique. Quand A fait des observations qui aident B à voir un sujet d'un nouveau point de vue, il peut s'agir d'une explication-observation, d'une explication-analogie, d'une explication-analyse, d'une explication-synthèse, d'une explication-classification. Et la liste peut continuer...

Les raisons abondent pour utiliser de nouveaux filtres afin d'observer un phénomène aussi varié, pour le regarder à travers une multitude de prismes qui produisent des nouvelles empreintes. On peut désirer se concentrer sur un sous- processus, sur un sous-aspect, sur un sous- système, sur un sous-type. On peut chercher un modèle qui montre l'essence du phénomène selon un certain paradigme. On peut chercher un formalisme qui le rend isomorphe avec un monde qu'on connaît mieux.

Je perçois l'explication comme une extension métaphénoménale de son sujet, comme un système hybride de processus interférants (le sujet, son observation, la conceptualisation, la communication, l'étude, etc.) qui entraîne les participants dans diverses interactions et produisent des transformations physiques et cognitives.

L'approche behavioriste n'est pas suffisante, car une importante partie du phénomène se passe dans le système intérieur des acteurs humains. Ceux-ci ne sont pas des “ boîtes noires ”, réductibles à des lois d'entrée et de sortie. L'approche cognitive ne suffit pas non plus, car une importante partie du phénomène se passe dans le grand système formé par les acteurs en interaction. Un processus multipolaire comme l'explication ne peut pas être réduit au processus cognitifs des acteurs car cette vision sépare les protagonistes.

L'explication suppose l'interaction, la résonance des pôles cognitifs. C'est le miracle de la transfiguration “ intérieur-extérieur-intérieur ”, dans le cheminement d'une idée sur une vague à caractère hétéroclite: physique et psychique. L'étude de l'explication nous oblige à ajouter à l'univers de chaque participant, l'univers intérieur du système qui les englobe. Le système des systèmes qui vit le processus de l'explication doit récupérer son intégrité. D'ailleurs, aujourd'hui on observe un rapprochement entre les deux types de regard (paradigmes) quand on parle de “ néo-behaviorisme ” et de “ cognitivisme social ”. Ma vision serait plutôt dualiste: behavioriste-cognitiviste, s'inscrivant dans la tradition d'opérer des fusions entre des conceptions qui se complètent pour offrir des descriptions holistiques.

Je considère la communication de l'explication, directe ou indirecte, comme sa partie centrale. Je ne scrute pas seulement le miracle de l'apparition de l'image mais aussi celui de sa diffusion et de sa matérialisation. Je ne me concentre pas sur l'explication comme opération de signification ou justification comme on procède en sémiotique, en épistémologie, en logique ou en philosophie. Je ne la concentre pas dans le message comme en linguistique ou en multimédia, ni dans les processus cognitifs, ni dans les interactions entre les partenaires. Je m'occupe du processus global explicatif comme forme spécifique de communication, rencontrée souvent, mais pas uniquement, dans le cadre des processus d'instruction.

Un problème supplémentaire consiste en la délimitation du phénomène dans le temps. Quand commence et quand se termine une explication? Si on adopte un holisme sur la dimension temporelle, l'explication a commencé depuis toujours et continuera de vivre à l'infini. Ma vision sur le temps me fait voir l'état présent d'un système comme une section-surface dans l'ensemble-volume de son évolution. Notre observation peut limiter le phénomène entre deux moments, déclarés comme “ début ” et “ fin ”. Parfois, cette délimitation ne pose pas de problèmes, car le comportement qui nous intéresse commence et se termine entre les deux moments. Mais d'autres fois, une telle segmentation est difficile car l'évolution du phénomène dans la période, considérée comme sa “ durée ”, est imprégnée des influences d'un passé devenu artificiellement extérieur. C'est la manifestation temporelle de la difficulté d'isoler un système, qui apparaît aussi quand on essaie son isolation dans l'espace. L'histoire intellectuelle de chaque participant et l'histoire de sa relation avec les autres jouent un rôle important; réduire les deux histoires à “ l'état de chaque mémoire ”, comme on le fait dans les

sciences cognitives, est un artifice utile pour la théorie mais pas très pratique si on ne parvient pas à expliciter cette équivalence. On essaie encore de modéliser la mémoire, tandis que l'histoire peut être observée et décrite!

Le recours aux “ connaissances ” statiques peut éluder le caractère dynamique de leur acquisition. En faisant “ abstraction ” du temps, on peut réduire l'explication à une entité conceptuelle statique ou à un objet-support tel un média, sans saisir que la matérialisation de l'explication demande le déclenchement d'un processus. À cause de la séparation possible entre les phases de “ production ” et de “ consommation ” du message, on a la tendance à éluder l'essence “ processuelle ” de l'explication, et à donner à l'objet-support le statut d'explication complète. De la même manière que sur un disque, on accepte d'avoir de la musique et non pas de la musique potentielle.

### **La méthode, le style et le cercle vicieux**

À cause de sa complexité, de son caractère hybride (hommes, idées, objets), de sa variabilité, le phénomène explicatif est étudié par une multitude de disciplines qui le regardent à travers autant de filtres et le décrivent par autant d'images. La convergence de toutes ces images vers une description unitaire d'un phénomène unitaire pose un problème provoquant de gestion de la complexité, de l'interdisciplinarité... de l'explication. J'ai cherché cette synthèse dans une multitude de formes, partant de la modélisation graphique jusqu'à la description narrative.

Le processus expliqué dans cette thèse ne pouvait être décrit qu'en combinant les points de vue différents selon une stratégie mobile, demandée par la vie du sujet. Je décris l'entremêlement entre la vision macroscopique et l'investigation microscopique, tel que je l'ai vécu, utilisant l'introspection pour récupérer le sens unitaire de ma recherche. “ L'introscope ” m'as permis de refléter dans un même discours les descriptions détaillées, les démarches dans des labyrinthes, les contorsions entre l'espace des questions et des réponses, les essais de synthèse macroscopique.

Sur le plan méthodologique, la thèse avait besoin d'un élément qui lui assurerait la cohérence. J'ai choisi la narration, le récit de recherche. Cette technique descriptive (explicative) était la seule suffisamment flexible pour me permettre d'intégrer la pluralité d'approches qui ont composé ma recherche et pouvaient lui donner une unité. Elle correspondait à mon intention d'expliquer. Elle est acceptée actuellement dans la recherche en éducation. Mon étude sur les mécanismes explicatifs justifie aussi la pertinence de la “ narrative research ”. Il aurait été incongru de ne pas utiliser mes propres conclusions sur la méthodologie de l'explication dans l'explication de ma recherche! Ainsi, le traitement narratif de ma description, au lieu d'être un préalable méthodologique de la thèse, est devenu une application de ses conclusions.

Ce rapport circulaire hypothèses-conclusions est général dans cette thèse. Les principes d'observation et de description que j'ai déduits et appliqués ont évolué continuellement. Ce ne sont pas de vraies hypothèses car la recherche ne les a pas eues comme points de départ. Ils ne sont ni des conclusions pures car, dans leur forme transitoire, ils ont orienté la recherche en permanence. Ce sont des sections dans des spirales d'hypothèses et de conclusions. L'argumentation en cercle vicieux n'a pas été commode à gérer, mais fut inévitable, étant donné le sujet: l'explication de l'explication *est* une explication. Au lieu d'éluder cette situation circulaire, j'ai essayé de profiter d'elle comme d'une boucle de rétroaction. J'ai utilisé mes observations sur l'explication pour organiser mon propre discours et les observations survenues de ma composition, pour compléter l'image du phénomène.

J'ai voulu ajouter à mon discours explicite sur l'explication une argumentation implicite, intrinsèque, en illustrant ma vision par cette thèse, qui est aussi un exemple d'explication. Je me suis dit que le processus de lecture de ma thèse, cette expérience de compréhension toute fraîche de mon lecteur, facilitera l'intuition de certaines de mes idées sur le processus explicatif. J'ai *chanté* mon discours sur la musique...

Le recours à une rhétorique circulaire ou implicite est une démarche inhabituelle. J'ai pris aussi d'autres libertés dans la rédaction de cette explication qui explore la rédaction des explications. Un exemple est la quasi-absence des renvois aux idées trouvées dans les ouvrages dépouillés pour écrire la thèse. Surtout dans les sciences humaines, on fait recours à l'autorité de citations et de modèles classiques comme mode de plaidoyer. On se place ainsi sur la carte des autres études en se synchronisant avec la vague de la science et en dépassant ainsi la relativité. Je n'ai pas adopté ce rituel. L'opinion des autres, infusée globalement dans mon discours, est reflétée de manière implicite par sa logique introspective. La littérature que j'ai consulté a été trop vaste, trop éparpillée dans une pléthore de domaines pour que je charge mon explication (déjà compliquée) avec des remarques sur des remarques. Dans mon survol à grande surface je n'ai même pas tenté une analyse locale convergente, mais j'ai opté pour une carte distribuée d'idées. J'ai condensé l'analyse bibliographique dans une synthèse finale qui opère une projection des ouvrages sur l'espace problématique.

### **Les résultats et les perspectives**

J'ai essayé d'expliquer la forme inhabituelle du discours en invoquant la complexité, l'introspection, l'interdisciplinarité, la fluidité, la circularité, etc. La validité de ces explications partielles peut être discutée individuellement. Mais je plaide pour une considération globale. Le tout contient des parties qui pourraient prétendre être des "contributions". Mais c'est dans le parfum ineffable qui pourrait se dégager après la lecture, que j'ai investi les plus grands efforts... et espoirs.

Dans son ensemble, cette thèse veut être une investigation riche et expressive du phénomène de l'explication, qui pourrait inspirer ceux qui cherchent de mieux à le comprendre, à le décrire ou à l'influencer. Elle essaie même de stimuler l'apparition d'une science de l'explication, de définir son programme et de lui offrir des observations, des synthèses, des modèles. J'ai l'intention de continuer ma campagne pour une science de l'explication en améliorant les modèles et les descriptions actuels.

Sur le plan pratique, la thèse contient des idées originales que les auteurs des explications et les concepteurs des instruments explicatifs pourraient utiliser comme des spécifications de comportement: la stéréoprésentation, la métamorphose, les démonstrations par travail expert-ordinateur-novice (NOVEX), les centres d'assistance sur Internet (TaxiNet). Je me suis moi-même impliqué dans la recherche et le développement de ces techniques et de ces instruments. Je continuerai ce travail, en essayant de transformer les prototypes actuels dans des produits finis.

Pour comprendre mon éclectisme, je reprends en bref mon histoire, en la racontant au début à la troisième personne pour mettre en évidence les trois moi qui ont essayé de découvrir le chemin vers la fusion entre la pédagogie, la théorie et l'ingénierie.

## **L'histoire**

Au début, il y a un témoin attentif de l'explication, un homme qui l'observe avec intensité en tant qu'élève, lecteur, auteur et présentateur. Quelqu'un qui constate que la vraie explication est un " pas de deux ", un rituel fondamentalement binaire, presque mystérieux, lié intimement à l'amour et à la solidarité. Il raffine ses observations en les mettant en pratique et en les formulant dans divers contextes. À la fin des études polytechniques, il essaie une thèse sur "Esthétique et amour dans l'apprentissage de l'électronique" qui intrigue...

Il devient ingénieur dans une entreprise. Il s'occupe de la formation (cours, curriculum, systèmes d'instruction) et enseigne des leçons privées de mathématiques. Dans les deux cadres, toujours explorant le " pas de deux ", il cherche pendant dix ans l'explication idéale, il modifie chaque démonstration cent fois pour en agrandir l'effet. Il obtient des résultats qui l'encouragent. Il veut modéliser le phénomène à l'aide d'un appareil mathématique puissant et de l'appliquer avec une technologie moderne. Il fait encore cinq ans d'études universitaires et propose une thèse sur l'explication mathématique.

Il entreprend un doctorat en éducation afin d'étudier le phénomène de l'explication avec les moyens les plus adéquats. Il s'y lance avec le désir de déduire le modèle de l'explication. Il s'enfonce dans une littérature multidisciplinaire pour ne pas perdre de vue des aspects et des dimensions. Cherchant la grande modélisation,

il rédige une série d'essais et de cartes qui finissent par décomposer une perplexité. En même temps, poussé par l'ingénieur en lui, il se lance dans des expériences sophistiquées, en cherchant les limites de l'ordinateur comme instrument facilitant le "pas de deux". Ainsi, les moyens deviennent but et notre personnage s'engouffre dans des démarches de plus en plus techniques.

Il se retrouve dans une société et dans une discipline différentes par rapport à celles qui l'avaient déterminé à lancer la recherche, ce qui l'oblige à modifier à plusieurs reprises le traitement du sujet. Il s'ouvre vers une multitude de sources d'information et d'influences qui l'enrichissent et le désorientent. Il cherche presque désespérément à conserver l'essence de sa problématique au milieu de cette fluidité.

Le témoin-plaidant du début est accompagné par deux autres personnages qui le complètent et l'obscurcissent à la fois. Le trio négociant la structure de la thèse devient presque insoutenable. L'expérience de scission s'avère importante pour la recherche, mais dure pour l'expérimentateur. Il sent le désir de plonger dans sa mémoire, pour qu'il retrouve son équilibre... Il regarde dans le miroir de sa propre thèse pour comprendre son évolution et celle de sa description de l'explication. Il découvre alors qu'il y a trois personnages, qu'il y a trois parties, qu'il y a trois styles, mais qu'il n'y a qu'une histoire, la mienne. Ainsi, la fusion se produit...

... C'est pour plaider pour une explication généreuse, que j'avais commencé. Je voulais parler de l'amour, puis j'ai tourné vers le savoir pour arriver à l'utilité... Une évolution spéciale, naturelle en rapport avec mon sujet, ou avec l'âge? En la saisissant, j'ai été envahi par une sympathie clarifiante pour mon passé de jeune homme qui voulait parler de l'explication comme d'un rituel osmotique et que j'ai presque étouffée comme modélisateur et comme technicien. J'avais essayé les limites de la "stéréo-gnoséologie" à la recherche d'un regard interne volumineux, multi-angulaire. J'avais essayé de provoquer la division de l'unité intérieure pour saisir le chemin vers l'unification de la division extérieure. Il m'était devenu évident que les ingénieurs, les pédagogues et les théoriciens pouvaient coopérer mieux pour construire des systèmes explicatifs de qualité. Mais être ingénieur, pédagogue et théoricien *simultanément*, est-il possible? Est-il utile? Est-il sain?

## ANNEXES



## ANNEXE I: Vocabulaire spécial utilisé

Inhabituels	Inventés ou sens changé
<p><b>adaptivité</b>- qualité d'un système de s'adapter seul; nuance différente par rapport à adaptabilité</p> <p><b>authoring</b>- terme anglais imposé pour la composition des didacticiels multimédia</p> <p><b>awareness</b>- terme anglais imposé pour désigner la perception du partenaire</p> <p><b>CMC</b>- Computer Mediated Communication</p> <p><b>consonantisme</b>- paradigme introduit par S. Odobleja pour désigner le caractère résonant des processus cognitifs</p> <p><b>CSCW</b>- groupware Computer Mediated Cooperative Work</p> <p><b>déductive-nomologique</b>- type d'explication qui consiste à arriver à la conclusion partant des lois et des faits</p> <p><b>EAO (CAL)</b>- Enseignement Assisté par Ordinateur</p> <p><b>explanandum</b>- la conclusion de l'explication déductive</p> <p><b>explanans</b>- les points de départ de l'explication déductive (faits et lois)</p> <p><b>facilitateur</b>- terme utilisé en éducation pour désigner le rôle de l'enseignant, dans une optique constructiviste</p> <p><b>floor control</b> – expression anglaise imposée pour la théorie de la négociation du contrôle</p> <p><b>généricité</b>- utilisé en informatique pour désigner la capacité de résoudre une grande classe de situations</p> <p><b>granularité</b>- désigne le niveau plus petit ou plus grand d'une décomposition</p> <p><b>GUI</b>- Graphical User Interfaces</p> <p><b>HCI</b>- Human Computer Interaction</p> <p><b>hypostase</b>- changement de la posture d'un personnage par rapport à une même situation</p> <p><b>IA (AI)</b>- Intelligence artificielle</p> <p><b>instrumentalisation</b>- enrichissement d'un système avec des instruments d'appui</p> <p><b>interactivité</b>- terme imposé pour désigner la qualité des interactions dans un système</p> <p><b>ITS (STI)</b>- Systèmes tutoriels intelligents</p> <p><b>linéarisation</b>- processus utilisé pour simplifier l'analyse des systèmes</p> <p><b>macroscope</b>- désigne parfois l'utilisation de la vision holistique comme instrument de recherche</p> <p><b>modélisateur</b>- la personne qui modélise</p> <p><b>modificabilité</b>- qualité des systèmes d'être remodelés aisément en fonction de l'évolution des besoins</p> <p><b>modularisation</b>- processus de décomposition en modules</p> <p><b>multimodal</b>- expression d'un message à l'aide de plusieurs modalités communicatives</p> <p><b>optimalité</b>- qualité d'être optimal, recherchée dans l'ingénierie</p> <p><b>portabilité</b>- qualité qui désigne, en informatique, la capacité d'une solution d'être transplantée facilement</p> <p><b>procédural</b>- qui se réfère aux procédures</p> <p><b>réutilisabilité (reproductibilité)</b>- qualités des instruments de pouvoir être réutilisés (reproduits)</p>	<p><b>co-action</b>- souligne qu'un acte est fait par une paire humaine, nuance par rapport à la coopération –qui a pris des connotations supplémentaires</p> <p><b>compositeur</b>- utilisé ici dans le sens de personne qui compose un message explicatif, pour ne pas particulariser l'acte de composition selon le type de message</p> <p><b>communicationnel(le)</b>- qualité spécifique des processus qui impliquent la communication</p> <p><b>compréhenseur</b>- proposé pour exprimer le rôle de celui qui reçoit l'explication</p> <p><b>co-présence</b>- met en évidence le caractère unitaire de la paire existentielle</p> <p><b>CSCE</b>- Computer Supported Cooperative Explanation-titre proposé pour une discipline que étudierait l'acte de la coopération expert- novice</p> <p><b>déréfifie</b>- met en évidence le processus inverse de la réification</p> <p><b>dévirtualisé</b>- proposé pour suggérer qu'un phénomène a des racines dans la structure qui a préparé sa potentialité</p> <p><b>explicateur</b>- proposé pour exprimer le rôle de celui qui explique</p> <p><b>explicitable</b>- réalité implicite qui peut aussi être décrite dans une forme explicite</p> <p><b>explorabilité</b>- qualité d'une structure de pouvoir être découverte aisément par exploration</p> <p><b>faisceau discursif (stéréo- discours)</b>- désignent l'organisation d'un discours sur plusieurs fils (pistes)</p> <p><b>hyperexplication</b>- une explication asynchrone qui mise sur l'exploration</p> <p><b>introscope</b>- terme proposé pour désigner l'utilisation de l'introspection comme instrument de recherche</p> <p><b>métadémonstration</b>- l'explication de la façon de faire une démonstration</p> <p><b>métamorphose</b>- capacité d'un système de changer le comportement explicatif selon la posture des utilisateurs</p> <p><b>métaphénomène explicatif</b>- proposé pour les phénomènes secondaires liés à l'explication d'un phénomène primaire</p> <p><b>multiangulaire</b>- image composée obtenue en regardant un phénomène par plusieurs filtres</p> <p><b>multidimensionnalité</b>- qualité d'un système d'être multidimensionnel</p> <p><b>parallélisation</b>- transformation d'une chaîne discursive dans une structure parallèle de messages ou de connaissances</p> <p><b>processuel</b>- met en évidence le caractère dynamique des phénomènes</p> <p><b>récepteur</b>- utilisé ici pour exprimer la position de celui qui assiste à une présentation sans connotation passive</p> <p><b>séparabilité</b>- qualité de pouvoir être séparé en parties</p> <p><b>sérialisation</b>- processus de transformation d'une structure parallèle de connaissances dans un discours sériel</p>

## ANNEXE II: Sommaire des difficultés de modélisation

1. *La complexité excessive.* Si on essaie de prendre en compte tous les éléments qui influencent l'explication, on obtient un modèle trop complexe pour être opérationnel. Les multiples acteurs, les multiples rapports, le "feed-back", les évolutions nonlinéaires et dynamiques, mènent à un "système d'équations" difficile à exprimer et encore plus à résoudre. La technique a l'avantage de pouvoir modifier les "pièces" qu'elle utilise tandis que l'ingénierie de l'instruction doit respecter la structure de l'humain ... telle qu'elle est. Ainsi la simplification, la linéarisation et l'approximation ont des bornes imposées par la réalité et ne peuvent les dépasser sans compromettre la validité des résultats.
2. *La pluridisciplinarité d'une réalité unitaire.* Il n'est pas surprenant que plusieurs domaines se soient penchés sur l'étude d'une partie ou d'un aspect de l'explication. Cette spécialisation est nécessaire pour diviser raisonnablement et focaliser la recherche. Mais le résultat doit être réintégré si on veut comprendre le métabolisme de l'ensemble, car il est en réalité un processus unitaire. C'est le réalisme qui oblige à la synthèse systémique. Or cette fusion n'est pas simple. Les diverses disciplines en jeu sont à l'heure des révolutions internes. Dans cette situation, s'arrêter pour mettre à jour des explications "externes", compréhensibles pour les spécialistes des autres domaines intéressés, est une préoccupation peu répandue. Le résultat est que chaque "visiteur" d'un domaine (chercheur intéressé par les résultats d'une autre discipline) se trouve en sérieuse difficulté
3. *La non-mesurabilité.* Il y a une longue distance de la construction du modèle qualitatif qui reflète les relations complexes de l'explication jusqu'à la construction du "système d'équation" qui l'exprime quantitativement et qui permet la déduction rigoureuse d'une solution pour un problème particulier. Les modèles qu'on a, déjà complexes, sont des illustrations "topologiques" (les acteurs et les liens) ou "conceptuelles" (les aspects) mais un modèle "calculable" exige des grandeurs mesurables. Après la définition de ces grandeurs et l'introduction des étalons (unités de mesure) on pourrait parler de l'évolution quantitative de chaque grandeur qui reflète l'évolution du système. On arriverait ainsi à la possibilité d'appliquer la théorie mathématique des systèmes (grandeurs d'état, entrées, sorties, fonctions d'état et d'entrée-sortie, etc.). On arriverait aussi à la perception du transport des connaissances comme une propagation des signaux. Mais tout cela est fort problématique. Les "ondes" de propagation du savoir déclenchent des procès subtils, engrenent des "grandeurs" d'essence complexe et variable. La non-mesurabilité d'une bonne partie de nos "grandeurs évolutives" exclut l'application opérationnelle du modèle mathématique quantitatif de la théorie des systèmes. Il reste à l'utiliser seulement comme une métaphore qui oriente. L'apport de la systémique qualitative est la compréhension de la réalité complexe, l'orientation générale de l'action et non pas la déductibilité précise des solutions.
4. *L'ambiguïté.* Déjà résigné au qualitatif, notre instrument d'analyse doit supporter les conséquences appréciables de l'ambiguïté, de la relativité, du vague. Cela veut dire qu'on ne dispose même pas, d'un système de "règles qualitatives" claires. Nos concepts sont de type "fuzzy", une ambiguïté inévitable accompagne leur définition. Chaque "entité qualitative" de notre modèle est fluide, sans contour délimité, se prêtant à une vaste palette d'interprétations et nuances. Les délimitations sont relatives, les "instanciations" des "concepts généraux" peuvent s'éloigner de leur classe, qui ne les englobe que pour une certaine similitude, jamais absolue. L'homme a la merveilleuse qualité d'opérer dans de telles circonstances, *il a une dimension vague incorporée.* Mais les instruments scientifiques qu'il emploie actuellement n'ont pas encore réussi à englober cette dimension. Il reste à atteindre que la notion presque paradoxale de traitement rigoureux de l'ambigu trouve des implantations convaincantes. Pour le moment, la "dimension vague" est un obstacle redoutable de notre effort de modélisation opérationnelle.
5. *La "multidimensionnalité" dense.* Les "objets" et les "grandeurs" qui participent à notre système ne sont pas seulement nombreux, à multiple liens, non-mesurables et vagues, ils sont aussi multidimensionnels. Chaque "concept" s'étend dans un vaste "espace de dimensions". Une proposition a un contenu, une source, une forme, une intention, un destinataire, une histoire-cadre, une structure, etc. Un geste a un support, une mécanique, une intention, un contexte, une codification, etc. La représentation des objets spatiaux par la projection sur des surfaces ou des droites ne peut les refléter que partialement, avec la perte de leur essence profonde tridimensionnelle. La représentation d'un concept a des limites analogues. Le calcul et la représentation des entités n-dimensionnelles pose déjà des problèmes difficiles. La superposition partielle des dimensions nous place dans un univers à "ambiguïté dimensionnelle", un espace "sous-vectoriel" dont la base de représentation ne vérifie ni le critère de l'indépendance ni celui de la complétude....
6. *La variabilité et la faible reproductibilité géographique.* On connaît les difficultés causés en électronique par la "variation des caractéristiques des composants fabriqués en série". Deux résistances réelles, supposées identiques, n'ont

pas la même valeur, la pièce d'échange n'a pas les mêmes caractéristiques que celle remplacée... Le design qui suppose un certain comportement pour une composante, doit tenir compte de la variabilité, s'il veut être réaliste. Cela produit des procédures spécifiques de "stabilisation des schémas aux variations de fabrication". Dans le cas des "composantes humaines de l'explication", cette difficulté est amplifiée. Comment "stabiliser" le design de l'explication, le rendre applicable à une certaine classe de protagonistes? Entre la fabrication de masse (pour satisfaire des critères d'efficacité) et artisanale (pour satisfaire des critères de qualité), il y a une dialectique subtile qui mériterait d'être traitée sans préjugés. Il faudrait saisir les limites prévisibles de "l'enseignement générique"... (voir la production des habits à dimension et forme variables...) Un public réduit n'est pas un problème en soi (destiner à chaque assisté un assistant spécialisé serait une réponse de qualité), mais pose des problèmes de coût qui peuvent devenir décourageantes, voire prohibitives.

7 *L'instabilité et la faible reproductibilité dans le temps.* La reproductibilité est aussi mise en cause par la variabilité temporelle: des composantes, des relations, des objectifs. La dynamique du curriculum, la dynamique des réalités, la dynamique des méthodes, la dynamique des instruments, la dynamique des personnalités, tout cela ne fait pas le bonheur de l'ingénieur de système, car le design du dynamique est difficile. Il peut voir les objets de son étude changeant exactement quand il a réussi les modéliser. Il peut être confronté même à une situation de "design ouvert" c'est à dire par un flux continu de changements qu'il doit supporter, intégrer, traduire. Quand les analyses deviennent rapidement caduques, il est difficile d'éviter leur superficialité. La diminution de la reproductibilité par les changements trop fréquents est un facteur prohibitif sérieux.

8. *Les influences "externes" imprévues.* Une des premières précautions que la théorie des systèmes prend, c'est de s'assurer de la "fermeture" du système traité par rapport à son monde externe. Sans cette condition, les résultats sont arbitraires, car les influences externes non-modélisées peuvent produire des déviations imprévisibles. Si les influences externes ne sont pas saisies, la situation devient incontrôlable et l'application de la formule-solution pour un problème, risque de se couvrir de ridicule. Que dire d'une merveilleuse leçon tenue à un étudiant ivre, ou qui hait son assistant et n'est pas intéressé par le sujet... Le fait d'expliquer, en lui-même, a un potentiel perturbateur sur la chose expliquée. On peut revoir à ce sujet les discussions sur l'influence des instruments dans l'observation des particules et la révolution qu'ils ont produits dans la physique contemporaine (le principe d'incertitude...). Notre problème promet des révélations analogues: observer un sujet pour le faire comprendre, c'est de le modifier.

9. *Le libre arbitre et la probabilité.* Une source inépuisable de surprises est la réaction des participants humains. On peut la traiter comme "variabilité" ou comme "influence externe". En la traitant séparément, on met l'accent sur une particularité humaine essentielle: "le libre arbitre", c'est à dire la capacité de l'homme de réagir différemment dans les mêmes circonstances. Les discussions sur l'éventuelle réductibilité du "libre arbitre" à un déterminisme inexprimable car trop complexe ou à un hasard neurologique à effets externes, ne changent rien. La réalité du phénomène de la décision humaine libre et créative a des conséquences fondamentales pour le design de l'explication (instruction, etc.) car elle limite la "solubilité" déductive. Le langage des probabilités semble plus opportun, car même s'il n'exprime pas bien l'acte de la décision libre, il décrit ses résultats extérieurs. On n'a pas la solution mais une solution possible. Le design ne peut que chercher une variante *probablement* meilleure. L'incertitude vient avec la liberté...

10. *Les structures et les processus non-linéaires et circulaires.* L'espoir d'un analyste est de trouver une "linéarisation" raisonnable du système, les relations topologiques "en boucle" et "en étoile", les dépendances non-linéaires étant des difficultés redoutables. Après, il pourra parler d'entrée et de sortie, de causes et d'effets et il pourra suivre un raisonnement en cascade. Mais la boucle de rétroaction n'est pas réductible à une chaîne cause- effet-cause, qui ne pourrait d'ailleurs "commencer" de nulle part... Le *cercle causal* n'est pas l'addition de deux chaînes causales, il est une nouvelle entité dont le fonctionnement est le résultat simultané de sa structure. La "linéarisation" a des limites profondes dans le design de l'explication, qui est un phénomène essentiellement non-linéaire (processus parallèles, boucles, rétroaction, dépendances non- proportionnelles).

11. *Les dépendances "dérivatives" (dynamiques) et intégratives (historiques).* Un autre pas difficile dans l'analyse des systèmes techniques c'est le passage du "régime statique" au "régime dynamique", l'étude des phénomènes transitoires. (voir l'analyse mathématique comme instrument). La "sortie" ne suit pas ponctuellement "l'entrée", son état n'est pas une fonction "algébrique" de l'état de l'entrée au même moment. C'est l'évolution de la sortie, dans son ensemble, qui résulte de l'évolution globale de l'entrée. A la place d'une fonction  $y = f(x)$ , on parle d'un opérateur  $y(t) = L[x(t)]$ . L'opérateur est dérivatif, quand la sortie dépend de la vitesse de changement de l'entrée. Le discours a une "courbe" dont les ondulations comptent, les éléments fusionnent en fonction de la cadence de leur présentation. Les "simultanités" peuvent conditionner les comparaisons ou la fusion conceptuelle, la proximité temporelle peut conditionner l'établissement

des rapports. L'opérateur est intégratif, quand la sortie à chaque moment dépend de l'histoire de l'évolution de l'entrée. L'ordre des arguments compte. Les nouvelles touches s'ajoutent sur la peinture existante. L'histoire du discours est un cadre omniprésent qui participe à sa compréhension. Chaque mot est reçu par le filtre de ses antécédents et influence le filtrage de ceux qui le suivent... Ainsi, dérivatif et intégratif à la fois, le processus de réception du discours explicatif exige l'intégration des évolutions conceptuelles, perçues comme des entités distribuées dans le temps et non pas comme des séries de pièces isolées. La constitution des concepts intègre le temps, a une logique temporelle. "L'explanandum" et "l'explanans" sont deux aspects d'un processus: la transition et l'état, qui n'existent pas séparément. En électronique, les "signaux" ne sont que des modifications d'états, la forme de ces modifications codant les informations. Les concepts seraient-ils des états ou des "signaux"? Leur consistance est "solide" ou "fluide"? Le modèle de l'explication doit être une dynamique conceptuelle?

12. *La désynchronisation entre la théorie et la pratique.* Tout comme le traitement empirique des maladies, la recommandation pédagogique est d'une valeur indéniable. La théorie peut faire une organisation systémique et systématique des observations de l'expérience, pour offrir un outil d'orientation au praticien.. A l'époque actuelle, on attend plus de la part d'une science. On attend qu'elle modélise jusqu'à synthétiser les observations dans une structure élégante et économique, jusqu'à permettre la prévision des résultats non-observés encore, jusqu'à faire apparaître des isomorphismes éloquents pour l'abstraction, jusqu'à pouvoir déduire les remèdes, par raisonnements. La vague "cognitivist" est la concrétisation de cette ambition d'émanciper la théorie de l'éducation. En reprenant la métaphore médicale, on veut comprendre maintenant le métabolisme de "l'organisme explicatif" jusqu'à pouvoir en déduire la logique d'intervention. Mais, portés exclusivement par l'enthousiasme de ce projet, les chercheurs des Sciences de l'éducation ne doivent pas négliger le procès plus modeste d'extraction, de structuration et d'interprétation des résultats de l'expérience explicative naturelle, qui est encore une source d'autorité imbattable. Nous ne sommes pas encore en mesure de "calculer" (déduire) l'intervention explicative sur un modèle. L'enseignant réussit parce qu'il l'induit, il la crée, il l'extrait de son essence profonde. Il n'y a pas de motifs pour présenter la théorie de l'explication de manière autoritaire. La morgue "scientifique" de certains auteurs est déplacée, car elle cache la difficulté profonde du problème et éloigne les experts "naturels" en explication. Dans le rapport entre théorie et pratique, il revient à la première de trouver les principes et le langage d'un dialogue. Une manifestation typique de "l'évasion théorique" est la déconsidération du coût des solutions... Pour la recherche fondamentale, qui ne doit pas être l'esclave d'un pragmatisme paralysant, il peut être essentiel de négliger des facteurs circonstanciels, qui empêchent l'abstraction et la vision prospective. Mais pour la recherche appliquée, l'absence du critère d'efficacité (rapport effort/résultat) est anormale, surtout dans une ... démarche technologique. D'ailleurs l'optimisation, dans des conditions si complexes, devient un problème scientifique remarquable.

13. *La déconsidération sociale et politique.* La transformation des informations dans des explications demande l'effort, la subtilité et l'expertise de celui qui s'y engage. L'effet de cet investissement est difficilement mesurable. Si l'évaluation de l'informatif est encore faisable, celle de l'explicatif est problématique. Mais sans évaluation, le domaine ne dispose pas d'un bon mécanisme de récompense. Comme réaction, à part ceux qui ont la passion pour leur noble métier, une grande partie des enseignants (explicateurs professionnels) répondent avec une prestation médiocre, ce qui contribue au maintien de la perception sous-évaluante de leur métier, dont le caractère d'ingénierie des connaissances n'est pas encore reconnu. Le facteur de la compétitivité, stimulant pour d'autres situations (innovation, etc) joue un rôle plutôt inhibant pour l'activité explicative. Ceux qui savent sont parfois directement intéressés à faire connaître leurs résultats, mais ont rarement intérêt à s'expliquer profondément. Par contre, ils doivent éviter que l'excès de transparence avantage les compétiteurs ou les critiques potentiels. Ainsi, "l'explicativité" n'est pas très rentable, dans le climat actuel. Une science de l'explication pourrait contribuer à la sensibilisation du publique face à l'opération difficile, essentielle et ... ingrate qui est l'explication.

14. *Le recours à la méthode et la récursivité.* La majorité de ceux qui étudient et expliquent l'explication (ou une partie) ne font pas recours aux méthodes qu'ils recommandent aux autres, dans l'exposition de leurs recherches mais vantent les possibilités explicatives d'un système moderne, en le présentant de manière tout-à-fait classique. Il est intéressant de voir les raisons de ce phénomène et d'en tirer certaines conclusions. En effet, comment éviter l'impression que la présentation directe face à un auditoire reste la manière la plus efficace de se faire comprendre? Et que pour le moment le "design explicatif" avec les nouveaux instruments est intéressant seulement si une certaine reproductibilité justifie l'effort de conception? La présentation des propositions d'une technique d'explication *utilisant la technique même* est une application particulièrement intéressante. L'étude de l'explication de l'explication a l'opportunité (et le devoir) de s'appliquer à son propre domaine!

15. *La manipulation impropre de la subjectivité(introspection).* Il est tout à fait normal de chercher l'objectivation des modèles, des prémisses, des méthodes. Le recours exclusif à la subjectivité peut générer un blocage par "relativisation

généralisée”. Mais cela ne veut pas dire que nous devons nous laisser paralysés par cette peur. L'absence de l'introspection comme méthode d'étude de l'explication est paradoxale pour ceux qui en soulignent la dimension individuelle, subjective. Il aurait été normal que la conscientisation des phénomènes de la conscience ait comme effet l'établissement d'une méthodologie introspective dans l'étude de l'apprentissage. Or, à part les démarches de la méthodologie narrative, on est loin de ça. Être scientifique suppose de parler à la troisième personne. Décrire “ l'extérieur de l'intérieur ” et non pas “ l'extérieur vu de l'intérieur ”... On n'en fait même pas la différence, on ne parle pas assez de la position ou du point de vue de l'émission d'une affirmation. Ainsi on arrive à la situation absurde de chasser de la théorie “ cognitiviste ” de l'explication les observations faites de l'intérieur ou d'utiliser la vision constructiviste pour bâtir des architectures internes... de l'extérieur. Quel chercheur oserait étudier les mécanismes de sa propre compréhension, et de définir un design en conséquence?

16. *L'explosion conceptuelle et le pseudo-systémisme.* Un autre obstacle significatif pour une modélisation opérationnelle est “ l'explosion descriptive ”. L'inflation informationnelle peut devenir un obstacle redoutable. Un million d'alternatives peuvent bloquer autant que leur absence. L'explosion combinatoire a déjà tempéré les espoirs des informaticiens. Suivre continuellement une documentation vaste et dynamique devient plus compliqué que d'observer directement son sujet! Obligés d'être “ au courant ” dans ce fleuve informationnel, les chercheurs doivent rétrécir leur cône d'intérêt de plus en plus. Cela diminue les chances d'une vision globale, synthétique, intégrée dans une pensée humaine. Le penseur ne peut plus refléter la science, ne peut que se placer dans un point de sa carte. Paradoxalement l'avancement de la science collective peut faire reculer la science individuelle. Pourrait-on faire quelque chose pour décanter l'immense littérature qui décompose le sujet jusqu'à l'anéantir par atomisation et explosion interprétative? Si le travail méticuleux de l'analyse n'est pas suivi par des hiérarchisations, des filtrages, des systématisations, des généralisations, etc., on risque d'être noyés par les résidus de notre propre pensée. Cette asphyxie serait une triste punition pour notre refus de doubler la recherche de la nouveauté par l'organisation des acquis, pour notre ivresse de vitesse, pour notre déconsidération envers l'organisation du savoir humain, envers le métier crucial de cartographe d'idées, envers ... l'explication.

## ANNEXE III: Observations sur la coopération démonstrative : négociation et métamorphose

### La décision et négociation

Le processus bipolaire de l'explication ne suppose pas seulement le partage du sens par messages (communication) mais aussi le partage des actions (la coopération). Le réglage de la synchronisation et la gestion de la communication ne sont qu'un exemple d'activités partagées pendant l'explication. La présentation des procédures (l'explication du savoir-faire) peut recourir à l'action coopérative. La relation serrée entre " action " et " langage " nous permet de considérer les actes coopératifs comme des gestes de communication et réciproquement de voir le partage d'un message comme une action commune. Le partage de la décision devient ainsi un phénomène de résonance imbriqué avec celui du partage du sens.

#### 1. Les acteurs

Pendant le déroulement du dialogue explicatif, on doit choisir le prochain pas discursif ou actif, à l'intérieur du monologue courant ou par un changement de rôle (" passer la parole "). Le choix peut être de type " combinatoire " (entre n possibilités prédéfinis) ou " générique " (ouvert vers une gamme indéfinie de continuations). Pensons aux exemples suivants: décider de la prochaine information à traiter, de la prochaine étape à aborder; changer le mode de communication (de forme, de métaphore, de style); changer le type de coopération, émettre un message, etc. Il s'agit d'une décision sur un aspect quelconque de l'explication.

Les protagonistes sont des acteurs humains. Ils opèrent des choix de manière permanente, car l'explication a une projection dans l'intérieur de leur conscience, là où l'intervention de leur mécanisme de décision est inévitable. La *décision implicite* est essentielle mais peu contrôlable. Je m'occuperai ici de la *décision explicite*, c'est-à-dire des choix avec des effets perceptibles. Le problème de la coordination des acteurs est délicat, car le système a plusieurs centres de décision. Sans un protocole, labile ou rigide, planifié ou établi en cours de route, il y a peu des chances que les actions se synchronisent. Qui choisit? Qui a l'initiative? Qui décide? Qui agit?

#### L'apprenant

C'est le seul qui observe réellement l'évolution de ses connaissances, qui se rend compte de l'opportunité des méthodes, de la qualité de la compréhension, de l'acceptabilité du rythme, de l'état de la motivation, du rapprochement des buts annoncés. Sans son feed-back, l'explication est aveugle .

#### L'enseignant

Sa décision peut être opportune à cause de son expertise (du domaine et de la pédagogie) et à cause sa position d'observateur humain participant au déroulement effectif de l'explication. Connaissant le message et observant la réaction de l'élève, l'enseignant a une position qui permet une boucle de rétroaction dont on ne peut pas négliger l'importance.

#### L'auteur du message

Dans le cas de l'utilisation d'un discours préfabriquée (un manuel, du matériel pédagogique, un didacticiel), l'auteur de la composition influence l'équilibre de décision. Il le fait par la structure de l'objet explicatif, qui détermine l'espace des manœuvres. Il le fait en prévoyant des " choix ", peut-être même des mécanismes d'adaptation.

#### Le fabricant d'un instrument

Même le fabricant d'une plate-forme de composition de didacticiels a un mot à dire dans la distribution de la décision. L'auteur du didacticiel est limité par les possibilités que l'éditeur (l'outil " d'authoring ") lui offre.

#### Le dirigeant bénéficiaire

L'influence du dirigeant (bénéficiaire, chef) peut être considérable (et à considérer...). En lui offrant des leviers d'intervention, on ajoute un facteur possible pour le succès du système d'explication.

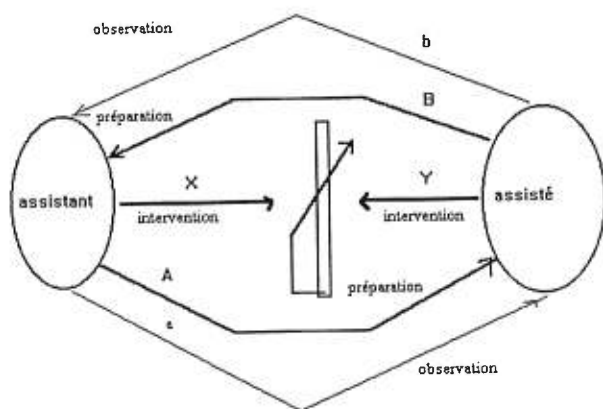
#### L'ingénieur du système

La gestion de la décision est une partie importante du design d'un système explicatif. L'ingénieur peut choisir une combinaison entre les diverses structures décisionnelles envisageables. Il doit prévoir et synchroniser plusieurs boucles de rétroaction. Il doit concevoir un protocole pour la prise des décisions.

#### 2. Les formules de décision effective

Pour gérer une décision partagée, une gamme très variée de formules est envisageable. Pour l'explication directe on peut s'occuper seulement du système décisionnel enseignant-apprenant, considérant que les autres composantes du système explicatif influencent implicitement leur décisions. Si on veut tenir compte explicitement de l'intervention des autres acteurs, le protocole se complique. Pour l'explication indirecte (sans assistant humain présent) la place de celui-ci est prise par l'objet explicatif, qui "dévitalise", pendant l'utilisation, les décisions de l'auteur. La gestion de la décision est un problème complexe. Le fabricant (si on utilise une plate-forme "d'authoring") et l'enseignant (si le didacticiel est utilisé en sa présence) interviennent aussi. Le protocole de la décision peut leur offrir un certain rôle.

Le modèle suivant met en évidence le continuum des solutions pour la de gestion de la décision dans les cas bipolaires enseignant-apprenant ou instrument-apprenant, que je réunis par la syntagme "assistant-assisté"). X et Y représentent les deux lignes d'intervention directe sur le réglage qui fait l'objet de la décision; A et B sont les messages explicites qui participent à la prise de décision (il peut s'agir d'une demande de changement, d'une proposition ou d'une réponse); a et b sont les messages implicites, obtenus par l'observation de l'autre, qui influencent l'équilibre de la décision. D est le symbole de la décision



### Quelques "formules" possibles

1.  $D = X$  L'assistant décide la continuation en suivant sa logique, comme conséquence de l'inertie de son discours, sans tenir compte de l'opinion de l'assisté. C'est une formule peu flexible, utilisable pour les décisions non-négociables qui forment l'ossature de certains discours. Les sources de décision peuvent être quelque part ailleurs dans le système ou dans le temps (intérêt connu de l'assisté ou du dirigeant, etc.).

2.  $D = X(a)$  L'assistant décide, en observant l'élève (ses derniers gestes, son évolution d'ensemble). C'est une formule plus "cybernétique" qui réclame une analyse fine de la part de l'assistant humain et devient problématique pour un assistant artificiel.

3.  $D = X(A)$  La décision est précédée par une requête explicite formulée par l'assisté. Il est bien parfois de laisser à l'assistant la possibilité de décider sur le traitement qu'il applique à la demande de son partenaire. L'assistant artificiel doit disposer d'un mécanisme de traitement des situations préparées, ou réussir un traitement générique.

4.  $D = X(a,A)$  L'assistant décide tenant compte de l'observation et aussi des requêtes de son partenaire. C'est une solution fine, même si encore "autoritaire", à cause du double mécanisme de feed-back qui peut améliorer la convergence.

5.  $D = X(A(B))$  L'assistant décide tenant compte de la suggestion explicite de son partenaire (A), reçue comme réponse à sa question préparatoire (B) qui annonçait le besoin d'une décision. Le cycle du dialogue préparant l'intervention peut avoir aussi plusieurs boucles, mais l'initiative appartient à l'assistant, tout comme la décision finale.

6.  $D = X(A(B(a)), a)$  Le dialogue en vue d'une intervention est provoqué, et secondé par l'observation de l'assisté

7  $D= Y$  ou  $D= Y(b)$  L'assisté décide du changement selon ses besoins, sa vision, ses problèmes. Il peut par exemple interrompre une présentation qu'il ne peut (veut) pas suivre, la répéter, lui changer le rythme, la forme ou la direction. Avec un partenaire instrumental, il doit tenir compte des possibilités techniques. Avec un partenaire humain, il doit respecter un protocole " de politesse ". Il est rare que ce genre d'intervention n'exige pas la consultation du partenaire.

8.  $D= Y (B)$  ou  $D= Y(B, b)$  ou  $D= Y(B(a))$  L'assisté décide, après avoir reçu une proposition de changement. L'initiative appartient à l'assistant, mais la décision est laissée à l'assisté. La demande  $B(a)$  peut être provoqué par l'observation de l'assisté. La décision peut tenir compte de l'observation de l'assistant (b). C'est une formule puissante, qui intègre deux boucles de feed-back. Dans le cas de l'utilisation d'un objet explicatif, elle exploite la capacité de décision de l'apprenant, tout en laissant à l'auteur la possibilité de proposer des actions.

9.  $D= Y( B(A))$  ou  $D= Y (B(A, a))$  ou  $D= Y (B(A),b)$  L'initiative (A) de l'assisté (éventuellement suivi d'une observation de celui-ci ) provoque la réaction de l'assistant (B, b) qui aide l'assisté à prendre des décisions. Le dialogue préalable à l'intervention peut avoir plusieurs boucles. C'est un mécanisme encore fin d'accordage.

10.  $D= X Y$  Les deux partenaires ont accès au réglage. Il peut s'agir d'une possibilité d'intervention exclusive (n'importe lequel, mais un seul, car l'intervention est unique et irréversible; le plus " rapide " décide); d'une intervention alternative (un seul à la fois, mais l'action de l'un peut être modifiée par l'autre; le dernier décide le choix final); d'une intervention parallèle, simultanée (la double commande; le " plus fort " décide, ou le résultat est un compromis). Le conflit des deux volontés peut être réglé avec une approche de négociation " équitable ", ou avec des " politiques " qui établissent certains facteurs de pondération.

11.  $D=XY (a,b)$ ;  $D=XY(A)$ ;  $D=XY (B)$ ;  $D=XY(A(B))$ ;  $D=XY(A,B)$  etc.

La décision à "double commande" peut à son tour être préparée par l'observation de l'autre, par l'initiative de quelqu'un, par la réponse à l'initiative du partenaire. Chacune de ces solutions peut convenir dans des circonstances particulières.

### 3. Les spectres des décisions possibles et les modes de négociation

Nous avons en jeu: un initiateur du changement; les sources de son initiative (l'observation de l'autre, l'intervention externe); un appel de préparation (l'annonce, la question, la demande d'opinion); une réponse du partenaire avisé; les sources de cette réponse (l'observation de l'autre, les buts propres des décisions individuelles en conséquence; un arbitrage de la décision collective .

Dans le cas de plusieurs acteurs, le schéma se complique. Ils existent une multitude de situations possibles:  $D=XYZ...(abc..., A,B,C...)$ . leur énumération provoquerait une explosion combinatoire. La classification esquissée aux points antérieurs s'occupe du déroulement d'une décision effective dans un seul " point ". Il est possible que le concepteur du système offre plusieurs possibilités de réglage pour ce point, laissant aux utilisateurs le choix du rituel effectif de négociation, au moment de l'explication. Ainsi, un point n'est plus défini par une formule effective, mais par un ensemble de formules possibles :  $P= \{Da, Db, ....\}$ .

Cela rend difficile la classification des " points " de décision potentielle. Plus difficile encore est de caractériser toute l'explication du point de vue de la négociation effective:  $N= (D1,D2, ...)$  ou potentielle  $N= (P1, P2, P3...)$  de la décision. Il y a une multitude de " points " de décision pour lesquels les formules ne sont pas identiques. Ils ne peuvent pas l'être si le design est optimisé, car des " endroits " différents réclament des formules différentes. Parfois on recourt (prévoit) à des décisions " autoritaires ", parfois on fait (encourage) une négociation.

Dans de telles conditions, il est difficile de parler des solutions " pures ". Ce qu'on désigne par " assistant " ou " entraîneur " ou " partenaire " ou " présentateur " ou " critique " ou " guide " n'est que la signalisation d'une tendance pour certaines formules dans l'univers hybride des " nœuds de décision ". Il est important de saisir l'enchaînement entre les solutions variées qui forment un continuum et s'intriquent (QUE VEUX-TU DIRE?) partiellement, pour éviter les séparations rigides et s'ouvrir vers des solutions flexibles, peut être métamorphiques.

## L'adaptation et la métamorphose

### 1 Le besoin d'un comportement métamorphique



Faciliter l'évolution du " savoir pour faire " demande une perpétuelle oscillation entre aider le savoir par documentation, par expérience, par coopération ou par apprentissage. Souvent on ne dispose pas a priori du " dosage précis " des formules d'assistance qui seront nécessaires. Divers utilisateurs peuvent avoir des besoins de formation différents sur le même " sujet ". Un même utilisateur peut changer sa posture dans le temps, ayant des besoins d'assistance évolutifs

Sur tout le continuum de la maîtrise d'un savoir, un homme se place à chaque moment sur une certaine position. Il commence par avoir une idée, il peut continuer par la préciser, par l'approfondir, il évolue... Ses besoins d'aide évoluent aussi. On s'attend que les instruments qu'il utilise changent. Comment assurer à cette versatilité ?

Une solution rencontrée dans la pratique est la construction de plusieurs instruments séparés. Cette solution est coûteuse, rigide, risque l'inconsistance entre les diverses présentations du même sujet, perd la continuité évolutive entre les changements (hypostases) de l'apprenant. Le relief du savoir d'un utilisateur n'est pas uniforme. Pour certains item du curriculum, il peut avoir déjà acquis une forte expérience, pour des autres il peut se trouver en hypostase de débutant.

Une solution différente pour répondre au besoin de variabilité explicative est de concevoir des environnements explicatifs métamorphiques. L'instrument d'aide pourra s'adapter (être adapté) au rôle (l'hypostase) particulière de l'utilisateur. Il soutiendra pour le même sujet la documentation, la simulation, la coopération ou l'instruction, selon le besoin. L'utilisateur n'est pas obligé de changer l'instrument quand il change de rôle (d'hypostase). Il disposera d'un partenaire plus ou moins explicite, plus ou moins directif, malléable. L'environnement s'accommode à ses " caprices ", sans que cela entraîne des discontinuités (inconsistances) dans le discours. C'est seulement la formule de distribution de la décision qui change.

## 2. Un modèle de métamorphose

La source d'inspiration du modèle est la méthode de transmission progressive et flexibles de l'expertise, utilisée par les instructeurs humains, par exemple dans l'apprentissage du pilotage par travail à double commande. Les choses se passent comme si l'élève entraînait progressivement dans la peau de son instructeur. Le mécanisme est similaire à l'évolution par expérience, mais on diminue les " incidents " de parcours. L'observation du " maître " par " l'apprenti " a une longue histoire. L'ordinateur peut ajouter la mémoire, la facilité de gestion et la force de la simulation.

La figure 1 suggère le modèle de l'explication métamorphique:

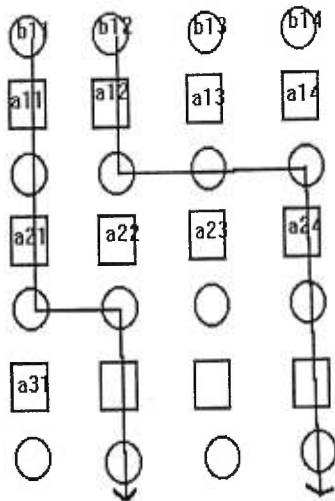


fig 1a

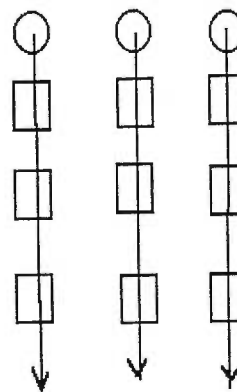
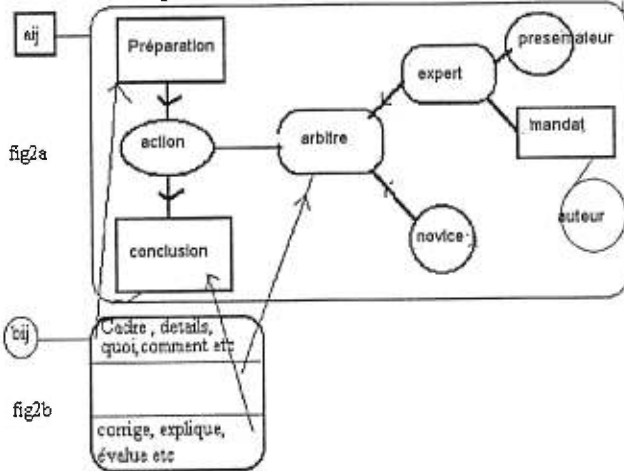


fig 1b

Les verticales (colonnes) représentent les modes possibles d'avancement dans la présentation. La colonne de gauche peut correspondre à la manière d'assistance la plus explicite. L'assistant (enseignant ou ordinateur) anticipe les actions, explique le " quoi ", le " pourquoi ", le " comment ", marque des explications sur les objets visibles, utilise des schémas de visualisation, etc.). C'est toujours lui qui décide et actionne. Il offre aussi des explications postérieures.

Plus à droite, la richesse explicative baisse. Par exemple, l'assistant fait sans expliquer ou explique sans faire. Plus à droite encore, on a une colonne où les actions ne sont pas indiquées, mais des indications nécessaires pour les déduire sont offertes. Et ainsi de suite... Jusqu'à l'extrême droite, où l'utilisateur doit se débrouiller sans aucune indication, mais avec diverses formes d'évaluation et correction.

Un chemin vertical  $j$  ( $a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots$ ) correspond à une certaine hypostase et à une certaine formule stable de décision. L'ensemble des verticales forme "le faisceau discursif" à l'intérieur duquel l'apprenant peut naviguer. Sur chaque horizontale  $i$  est représentée une étape-action. La différence entre les modules ( $a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots$ ) qui représentent des versions de la même étape, consiste seulement dans l'encadrement offert pour la réaliser. Ainsi, on garde la cohérence dans le cadre du passage d'une verticale à l'autre, à la recherche d'une autre formule de coopération. La figure 2a montre une possible structure des modules  $a_{ij}$  et  $b_{ij}$ :



Chaque action est précédée par une introduction, plus ou moins riche. Puis, il y a une action, dont la distribution du contrôle (entre l'apprenant et l'expert présent ou mandaté) est réglée par un arbitre, selon des "formules" variables. Suite à l'action, il y a une certaine réaction-conclusion (approbation, correction, conseil, évaluation, ajustement du modèle utilisateur, etc.). Les modules de la même ligne ont en commun le bloc d'action, tandis que l'introduction, l'arbitrage, la réaction varient selon le mode de collaboration spécifique à la colonne choisie.

Pour opérer le passage, on utilise les "points de changement de mode" ( $b_{ij}$ ) qui précèdent chaque étape utile. La figure 2b donne une idée de leur structure. Le "menu" d'un changement agit sur le bloc d'introduction, d'arbitrage et de réaction de la prochaine étape active. A titre de comparaison, la figure 1b montre une structure non-métamorphique: chaque colonne (chaque séance de collaboration) doit être parcourue d'un bout à l'autre.

Dans le modèle proposé, les actions de l'utilisateur opèrent à deux niveaux "indépendants": à l'intérieur des étapes (action utile  $a_{ij}$ ) et entre les étapes (les choix de mode " $b_{ij}$ "). Cela offre une possibilité d'observation de l'apprenant, à but d'évaluation, de conseil ou de calibrage. À cause de la régularité de la structure, le chemin "dans le flux" est facile à suivre et à formaliser. Les changements de la verticale ont des interprétations simples. Le déplacement global "vers la droite" indique une meilleure maîtrise de la situation. Le déplacement accidentel vers la gauche indique un point faible de l'élève ou de l'encadrement. On peut même penser à une "métrique" du "degré d'explication" exigé de l'environnement. On peut utiliser une telle métrique pour une évaluation d'ensemble, pour comparer deux utilisateurs ou analyser le progrès à la mesure de l'habitation (expérience, apprentissage). Les traces dans l'hyperexplication métamorphique peuvent servir une boucle double de réaction c'est-à-dire pour l'étudiant et pour son assistant.

# Bibliographie

## B1. Sujet : sens, structure, logique, didactique (problématiques 1,2,3)

- Abu-Hanna, A., Jansweijer, W. & Benjamins, R. (1994). Functional models in perspective: their characteristics and integration in multiple model-based diagnosis. *Applied Artificial Intelligence*, 8, 219-237.
- Archinstein, P. (1983). *The nature of explanation*, Oxford University Press.
- Agar, M., Nosbers, P. (1993). Argumentation theory and the distance to the data. *Semiotica*, 93(3), 287-301.
- Astolfi, J. P. (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 103, 5-18.
- Baron, J. (1993). Why teach thinking? - An essay. *Applied Psychology: An International Review*, 42(3), 191-237.
- Bereiter, C. (1994). Implications of postmodernism for science, or science as progressive discourse. *Communication & Strategies*, 29(1), 3-12.
- Bisantz, A. & Vicente, K. (1994). Making the abstraction hierarchy concrete. *Int. J. Human-Computer Studies*, 40, 83-117.
- Borasi, R., Siegel, M., Fonzi, J. & Smith, C. (1998). Using transactional reading strategies to support sense-making and discussion in mathematics classrooms – an exploratory study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(3), 275-305.
- Borchardt, G. C. (1992). Understanding causal descriptions of physical systems in Proceedings, tenth national conference AAAI, 2-8, AAAI Press.
- Cardinale, L. (1993). Facilitating science learning by embedded explication. *Instructional Science*, 21, 501-512.
- Caverni, J. P., George, C. & Politzer, G. (1994). Raisonnements: conjoncture et perspectives. *Psychologie Française*, 39(2), 107-113.
- Chandrasekaran, B., Narayanan, N. H. & Iwasaki, Y. (1993). Reasoning with diagrammatic representations. In 1993 AAAI, 8, 49-56.
- Chierchia, G. (1994). Intensionality and Context Change, *Journal of Logic, Language and Information*, 3, 141-168.
- Chouraqui, E. & Inghilterra, C. (1993). Résolution par analogie de problèmes géométriques dans une perspective tutorielle In ITS 1992, Frasson (ed.), 234-243.
- Coleman, E. B. (1998). Using explanatory knowledge during collaborative problem solving in science. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 387-427.
- David-Hillel (Eds.). (1990). *Explaining explanation*. Routledge. London.
- David-Hillel (Eds.). (1993). *Explanation*. Oxford University Press.
- Davis, P. M. & Davidson, G. V. (1994). Language is like the human body: teaching concepts through analogy. *Educational Technology*, 5 (27-31).
- Deely, J. (1993). Reading the signs: some basics of semiotics. *Semiotica*, 97 (3), 247-266.
- Degrave, W., Boshuizen, H. & Schmidt, H. (1996). Problem based learning – cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instructional Science*, 24(5), 321-341.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition And Instruction*, 10(2), 105-225.
- Droste, F. G. & Fought, J. (1993). Arbitrariness, iconicity, and conceptuality, *Semiotica*, 94(3), 185-199.
- Eco U. (1979). *A theory of semiotics*. Bloomington : Indiana University Press.
- Fabre, M. (1993). De la résolution de problème à la problematisation. *Les Sciences de l'éducation*, 4(5), 71-99.
- Ghiglione, R. (1993). La restitution des messages: le message, le récepteur et le media. *Psychologie Française*, 38 (2), 177-191.
- Greer B. (1997). Modeling reality in mathematics classrooms – the case of word problems. *Learning & Instruction*, 7(4), 293-307.
- Gosselin, M. (1993). Causality, a historical sketch of the major philosophical approaches to the problem. *Communication & Cognition*, 26(1), 131-170.
- Gutwin, C. & McCalla, G. (1992). The use of pedagogic misrepresentation in tutorial dialogue. In ITS 1992, 507-513.
- Hand, M. (1993). Demonstrative reference and unintended demonstrata. *Communication & Cognition*, 26(1), 37-45.
- Hativa, N. (1998). Lack of clarity in university teaching – a case study. *Higher Education*, 36(3), 353-381.
- Hartman H. J. (1998). Metacognition in teaching and learning – an introduction. *Instructional Science*, 26(1-2), 1-3.
- Hobbs, J. R., Stickel, M. E. & Appelt, D. E. (1993). Interpretation as abduction. *Artificial Intelligence*, 63, 69-142.
- Johnson, K. & Roloff, M. (1998). Serial arguing and relational quality – determinants and consequences of perceived resolvability. *Communication Research*, 25(3), 327-343.
- Korner S. (Eds.). (1975). *Explanation*. Southampton: Camelot Press Ltd..

- Lawson, A. E. (1993). The importance of analogy: a prelude to special issue. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.
- Levialdi, S. (1990). Cognition, models & metaphors. In 1990 IEEE, 69-77.
- Linchevski, L. & Kutscher, B. (1998). Tell my with whom you're learning, and I will tell you how much you have learned – mixed ability versus same ability grouping in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(5), 533-554.
- Liu, Z. Y. & Farley, A. M. (1991). Structural aggregation in common-sense reasoning. In AAAI 1991, 868-873.
- Lussato, B. (Eds.) (1991). *La théorie de l'empreinte*. Paris: ESF.
- Markham, K. M., Mintzes, J. J. & Jones, M. G. (1994). The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal Of Research In Science Teaching*, 31(1), 91-101.
- Marton, F. (1993). Our experience of the physical world. *Cognition And Instruction*, 10(2), 227-237.
- McGuinness, C. (1993). Teaching thinking: new sign for theories of cognition. *Educational Psychology*, 13(3), 305-313.
- Maqsd, M. (1998). Effects of metacognitive instruction on mathematics achievement and attitude towards mathematics of low mathematics achievers. *Educational Research*, 40(2), 237-243.
- McKoon, G., Ward, G. & Ratcliff, R. (1993). Morphosyntactic and pragmatic factors affecting the accessibility of discourse entities. *Journal Of Memory And Language*, 32, 56-75.
- Morin, A. & Potvin, G. (1994). *Pratique éducative et recherche; voies d'intégration*. Essais en éducation. Repères, 16, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.
- Tou Ng, H. & Mooney, R. J. (1992). On the role of coherence in abductive explanation. In AAAI 1992, 337-342.
- Nisbet, J. (1993). The thinking curriculum. *Educational Psychology*, 13(3), 281-290.
- Odobleja, S. (1984). *Introducere in logica rezonantei*. Bucuresti.
- Ohlsson, S. (1993). Abstracts schemas. *Educational Psychologist*, 28(1), 51-66.
- Olson, D. R. (1993). How writing represents speech. *Language & Communication*, 13 (1), 1-17.
- Orange, C. (1993). Repères épistémologiques pour une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation*, 4-5, 33-99.
- Piaget, J. (1977). *The essential Piaget*. New York: Basic Books Inc.
- Reeves, L. M. & Weisberg, R. W. (1993). On the concrete nature of human thinking: content and context in analogical transfer. *Educational Psychology*, 13(3), 245-257.
- Ricco, R. B. (1993). Revising the logic of operations as a relevance logic: from hypothesis testing to explanation. *Human Development*, 36, 125-146.
- Richard, J. F. (1994). La résolution de problèmes: bilan et perspectives. *Psychologie Française*, 39(2), 161-175.
- Roberts, M. J. & Erdos, G. (1993). Strategy selection and metacognition. *Educational Psychology*, 13(3), 259-266.
- Roth, W. M. (1993). Comments and criticism. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (7), 799-803.
- Seidenberg, M. S. (1994). Language and connectionism: the developing interface. *Cognition*, 50, 385-401.
- Shimony, S. E. (1991). Explanation, irrelevance and statistical independence. In AAAI 1991, 482-487.
- Sillince, J. A. (1993). The intention-inference problem in argumentation understanding. *Communication & Cognition*, 26(3), 321-338.
- Silver, C. (1993). Meanings are only in the head. *Communication & Cognition*, 26 (3), 339-346.
- Sizmur, S. & Osborne, J. (1997). Learning processes and collaborative concept mapping. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1117-1135.
- Smith, E. L., Blakeslee, T. D. & Anderson, C. W., Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (2), 111-126.
- Storms, G., Van Mechelen, I. & De Boeck, P. (1994). Structural analysis of the intension and extension of semantic concepts. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6(1), 43-75.
- Tabossi, P., Zardon, F. (1993). Processing ambiguous words in context. *Journal Of Memory And Language*, 32, 359-372.
- Vergnaud, G. (1994). Le raisonnement en physique et en mathématiques. *Psychologie Française*, 39 (2), 153-160.
- Von Wright, G. H. (1971). *Explanation and Understanding*. Cornell University Press.
- Vonminder, A., Walls, R. & Nardi, A. (1998). Charting the links between mathematics content and pedagogy concepts – cartographies of cognition. *Journal of Experimental Education*, 66(4), 339-358.
- Vila, L. (1994). A survey on temporal reasoning in artificial intelligence, *AICOM*, 7 (1), 4-27.
- Watt, W. C. (1993) Signification and its discontents. *Semiotica*, 97 (3), 427-437.
- Wong, E. D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (10), 1259-1272.

## b2 Cognition: mémoire, apprentissage, raisonnement, perception, savoir (problématiques. 4, 8)

- Aizawa, K. (1994). Loyd's dialectical theory of representation. *Mind & Language*, 9(1), 1-24.
- Anderson, O. (1997). A Neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science & Education*, 81(1), 67-89.
- Ayres, J., Wilcox, A.K. & Ayres, D.M. (1995). Receiver apprehension-an explanatory model and accompanying research. *Communication Education*, 44(3), 223-235.
- Baddeley, A. (1993). *La mémoire humaine*. Presses universitaires de Grenoble.
- Berg, C. A. & Phillips, D. G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal Of Research In Science Teaching*, 31( 4), 323-343.
- Bertamini, M. (1993). Memory of position and dynamic representations. *Memory & Cognition*, 21(4), 449-457.
- Blasko, D. G. & Connine, C. M. (1993). Effects of familiarity and aptness on metaphor processing. *Journal of Experimental Psychology*, 19 ( 2), 295-306.
- Block, N. (1993). Holism, hyper- analyticity and hyper- compositionality. *Mind & Language*, 8(1), 1-25.
- Bloom, P. (1994). Generativity within language and other cognitive domains. *Cognition*, 51,177-189.
- Bogdan, R. J. (1993). The architectural nonchalance of commonsense psychology. *Mind & Language*, 8(2), 189-205.
- Bonatti, L. (1994). Why should we abandon the mental logic hypothesis?. *Cognition*, 50, 17-39.
- Bostrom, R. (1996). Memory, cognitive processing, and the process of listening- reply. *Human Communication Research*, 23(2), 298-305.
- Boynton, D. M. (1993). Relativism in Gibson's theory of picture perception. *The Journal of Mind and Behavior*, 14(1), 51-70.
- Brandimonte, M. A. & Hitch, G. J (1992). Influence of short-term memory codes on visual image processing: evidence from image transformation tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 18(1), 157-165.
- Butler, K. (1991). Towards a connectionist cognitive architecture. *Mind & Language*, 6 (3), 252-271.
- Carlson, R. C., Wenger, J. L. & Sullivan, M. A. (1993). Coordinating information from perception and working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (3), 531-548.
- Clark, A. (1998). *Microcognition*. London: MITPress.
- Clark, A & Karmiloff-Smith, A. (1993). The cognizer's innards: a psychological and philosophical perspective on the development of thought. *Mind & Language*, 8 (4), 487-515.
- Demetriou, A. (1993). In quest of the functional architecture of the developing mind: the Aristotelian project. *Educational Psychology Review*, 5 (3), 275-292.
- Edwards, D. (1993). But what do children really think?: discourse analysis and conceptual content in children's talk. *Cognition And Instruction*, 11(3), 207-225.
- Fabricius, W. V., Hodge, M. H. & Quinan, J. R. (1993). Processes of scene recognition memory in young children and adults, *Cognitive Development*, 8, 343-360.
- Fodor, J., Lepore, E. (1991). Why meaning (probably) isn't conceptual role. *Mind & Language*, 6(4), 328-343.
- Gegenfurtner, K. R. & Sperling, G. (1993). Information transfer in iconic memory experiments. *Journal of Experimental Psychology*, 19(4), 845-865.
- Gibson, J. J. (1994). The visual perception of objective motion and subjective movement. *Psychological Review*, 101(2), 318-327.
- Gordon, R. M. (1992). The simulation theory: objections and misconceptions. *Mind & Language*, 7(1), 11-34.
- Green, R. A. & Shanks, D. R. (1993). On the existence of independent explicit and implicit learning systems: an examination of some evidence. *Memory & Cognition*, 21(3), 304-317.
- Greeno, J. G. (1994). Gibson's Affordances. *Psychological Review*, 101(2), 336-342.
- Hodges, J. R., Patterson, K. & Tyler, L. K. (1994). Loss of semantic memory: implications for the modularity of mind. *Cognitive Neuropsychology*, 11(5), 505-542.
- Hunt, R. R. & McDaniel, M. A. (1993). The enigma of organization and distinctiveness, *Journal Of Memory And Language*, 32, 421-445.
- Jolly, J. B. & Kramer, T. A. (1994). The hierarchical arrangement of internalizing cognition. *Cognitive Therapy and Research*, 18 (1), 1-13.
- Jones, S. S. & Smith, L. B. (1993). The place of perception in children's concepts. *Cognitive Development*, 8, 113-139.
- Koehler, D. J. (1991). Explanation, imagination, and confidence in judgement. *Psychological Bulletin*, 110(3), 499-519.
- Kounios, J. (1993). Process complexity in semantic memory. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (2), 338-351.
- Kounios, J., Montgomery, E. C. & Smith, R. W. (1994). Semantic memory and the granularity of semantic relations: evidence from speed-accuracy decomposition. *Memory & Cognition*, 22 (6), 729-741.

- Lawson, D. I. & Lawson, A. E. (1993). Neural principles of memory and a neural theory of analogical insight. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (10), 1327-1348.
- Le Ny, J. F. (1989). *Science cognitive et comprehension du langage*. Presses Universitaires de France.
- Lindsay, P. H. & Norman, D. A. (1980). *Human information processing-an introduction to psychology* (2 ed.). New York: Academic Press.
- Lucas, M. M. (1991). Semantic representation of meaning: a defense. *Psychological Bulletin*, 110(2), 254-263.
- Mackay, D. G., Wulf, G., Yin, C. & Abrams, L. (1993). Relations between word perception and production: new theory and data on the verbal transformation effect. *Journal Of Memory And Language*, 32, 624-646.
- Margolis, E. (1994). A reassessment of the shift from the classical theory of concepts to prototype theory. *Cognition*, 51, 73-89.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26(1-2), 49-63.
- Messick, S. (1994). The matter of style: manifestations of personality in cognition, learning, and teaching. *Educational Psychologist*, 29 (3), 121-136.
- Murphy, G. L. & Shapiro, A. M. (1994). Forgetting of verbatim information in discourse. *Memory & Cognition*, 22 (1), 85-94.
- Natsoulas, T. (1993). An introduction to reflective seeing: part I. *The Journal of Mind and Behavior*, 14 (3), 235-255.
- Norman, D. A. (1993). Cognition in the head and in the world: an introduction to the special issue on situated action. *Cognitive Science*, 17, 1-6.
- Payne, S. J. (1993). Memory for mental models of spatial descriptions: an episodic-construction-trace hypothesis. *Memory & Cognition*, 21(5), 591-603.
- Perkins D. & Jay, E. (1993). New conceptions of thinking: from ontology to education. *Educational Psychologist*, 28 (1), 67-8593.
- Radvansky, G. A., Spieler, D. H. & Zacks, R. T. (1993). Mental model organization, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19(1), 95-114.
- Rajaram, S. (1993). Remembering and knowing: two means of access to the personal past. *Memory & Cognition*, 21 (1), 89-102.
- Remez, R. E., Rubin, P. E., Berns, S. M., Pardo, J. S. & Lang, J. M. (1994). On the perceptual organization of speech. *Psychological Review*, 101 (1), 129-156.
- Riding, R. J., Glass, A. & Douglas, G. (1993). Individual differences in thinking: cognitive and neurophysiological perspectives. *Educational Psychology*, 13 (3), 267-280.
- Robertson, S. P. (1994). TSUNAMI: simultaneous understanding, answering, and memory interaction for questions. *Cognitive Science*, 18, 51-85.
- Salthouse, T. A. (1993). Speed mediation of adult age differences in cognition. *Developmental Psychology*, 29 ( 4), 722-737.
- Scott, D. (1993). Visual search in modern human-computer interfaces. *Behaviour & information technology*, 12 (3), 174-189.
- Seger, C. A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115 (2), 163-196.
- Sein, M. K., Olfman, L., Bostrom, L. P. & Davis, S. A. (1993). Visualization ability as a predictor of user learning success. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 599-620.
- Stich, S. & Nichols, S. (1992). Folk psychology: simulation or tacit theory?. *Mind & Language*, 7 (1), 35-71.
- Tarr, M. J. & Black, M. J. (1994). Dialogue. A computational and evolutionary perspective on role of representation in vision. *The Psychological Record*, 60 (1), 65-72.
- Todd, S. & Kramer, A. (1994). Attentional misguidance in visual. *Perception & Psychophysics*, 56(2), 198-210.
- Vera, A. H. & Simon, H. A. (1993). Situated action: a symbolic interpretation, *Cognitive Science*, 17, 7-48 .
- Vignaux, G. (1992). *Les sciences cognitives- une introduction*. La decouverte.
- Walsh, V. & O'Mara, S.M. (1994). A selection on attention: special issue on attention. *Cognitive Neuropsychology*, 11 (2), 97-98.

### b3 Processus cognitifs ; compréhension du discours; sérialité et parallélisme (problématiques 5,6,7)

- Altmann, G. (1989). Parsing and interpretation: an introduction. *Language And Cognitive Processes*, 4 (3), 1-19.
- Anderson, O. R. & Demetrius, O. J. (1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (8), 953-969.
- Anderson, R. A. & Helstrup, T. (1993). Visual discovery in mind and on paper. *Memory & Cognition*, 21 (3), 283-293.
- Antes, J. (1993). Effects of capacity demands on picture viewing. *Perception & Psychophysics*, 54 (6), 808-813.
- Bachmann, T., Prinz, W. & Stoffer, T. H. (1993). Even more space for visuospatial selective attention: introductory remarks. *Psychological Research*, 56, 1-4.
- Baddeley, A. (1994). The magical number seven: still magic after all these years?. *Psychological Review*, 101 (2), 353-356.
- Boltz, M. (1992). Temporal accent structure and the remembering of filmed narratives. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (1), 90-105.
- Boyce, S. J. & Pollatsek, A. (1992). Identification of Objects in Scenes: the Role of Scene Background in Object Naming. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (3), 531-543.
- Briand, K. A. (1994). Selective attention to global and local structure of objects: alternative measures of nontarget processing. *Perception & Psychophysics*, 55 (5), 562-574.
- Cavazza, M. (1994). Semantic analysis and in-depth understanding of technical texts, *Applied Artificial Intelligence*, 8, 425-453.
- Cohen, M. (1993). Throwing, pitching and catching sound: audio windowing models and modes. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 269-301.
- Crowder, R. G. (1993). Short-term memory: where do we stand?. *Memory & Cognition*, 21 (2), 142-145.
- Curran, T. & Keele, S. W. (1993). Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (1), 189-202.
- Diehl, V. A. (1993). Simultaneous presentation of stories and visual displays which vary in coherence. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 77-90.
- Dopkins, S., Klin, C. & Myers, L. (1993). Accessibility of information about goals during the processing of narrative text. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19 (1), 70-80.
- Duncan, J. (1993). Similarity between concurrent visual discriminations: dimensions and objects. *Perception & Psychophysics*, 54 (4), 425-430 1993.
- Eriksen, C. W. & Pan, K. (1993). Attentional distribution in visual space, *Psychological Research*, 56, 5-13.
- Freeman, T. C. , Harris, M. G. & Tyler, P. A. (1994). Human sensitivity to temporal proximity: the role of spatial and temporal speed gradients. *Perception & Psychophysics*, 55 ( 6), 689-699.
- Frensch, P. A. & Miner, C. S. (1994). Effects of presentation rate and individual differences in short-term memory capacity on an indirect measure of serial learning. *Memory & Cognition*, 22 (1), 95-110.
- Gallini, J. K., Spires, H. A., Terry, S. & Gleaton, J. (1993). The influence of macro and micro-level cognitive strategies training on text learning. *Journal of Research and Development in Education*, 26 (3), 164-177.
- Gernsbacher, M.A. (1997). Two decades of structure building . *Discourse Processes*, 23(3), 265-304.
- Golden, R. M. & Rumelhart, D. E. (1993). A parallel distributed processing model of story comprehension and recall. *Discourse processes*, 16, 203-237.
- Graesser, A. (1993). A theory of inference generation during text comprehension. *Discourse processes*, 16, 145-160.
- Green, G. & Stromer, R. (1993). Relational learning in stimulus sequences. *The Psychological Record*, 43, 599-616.
- Heinze, H. J., Luck, S. J., Munte, T. F. & Gos, A. (1994). Attention to adjacent and separate positions in space: an electrophysiological analysis. *Perception & Psychophysics*, 56 (1), 42-52.
- Humphreys, G. W. (1994). Attention to within-object and between-object spatial representations: multiple sites for visual selection. *Cognitive Neuropsychology*, 11 (2), 207-241.
- Humphreys, G. & Price, C. (1994). Visual Feature Discrimination in Simultanagnosia: a Study of Two Cases. *Cognitive Neuropsychology*, 11 (4), 393-434.
- De Jong, R. (1993). Multiple Bottlenecks in Overlapping Task Performance. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (5), 965-978.
- Krusey, P., Sciana, S. C. & Glenberg, A. M. (1994). On-line processing of textual illustrations in the visuospatial sketchpad: evidence from dual-task studies. *Memory & Cognition*, 22 (3), 261-272.
- Lapan, R. & Reynolds, R. E. (1994). The selective attention strategy as a time-dependent phenomenon. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 379-398.

- Marks, L. E. (1993). Contextual processing of multidimensional and unidimensional auditory stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (2), 227-248.
- Marslen-Wilson, W & Tyler, L. (1993). Integrative Processes in Utterance Resolution. *Journal Of Memory And Language*, 32, 647-666.
- McClelland, J. L. , John, M. S. & Taraban, R. (1989). Sentence comprehension: a parallel distributed processing approach. *Language And Cognitive Processes*, 4 (3), 287-335.
- Miceli, G., Capasso, R. & Caramazza, A. (1994). The interaction of lexical and sublexical processes in reading, writing and repetition. *Neuropsychologia*, 32 (3), 317-333.
- Miller, G. A. (1994). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 101 (2), 343-352.
- Mitchell, D. & Corley, M. (1992). Effects of context in human sentence parsing: evidence against a discourse-based proposal mechanism. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (1), 69-87.
- Mordkoff, J. & Yantis, S. (1993). Dividing attention between color and shape: evidence of coactivation. *Perception & Psychophysics*, 53 (4), 357-366.
- Kemler Nelson, D. G. (1993). Processing integral dimension: the whole view. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (5), 1105-1113.
- Oakhill, J. & Garnham, A. (1989). The on-line construction of discourse models. *Language And Cognitive Processes*, 4 (3), 263-286.
- Ohtsuka, K. & Brewer, W. F. (1992). Discourse organization in the comprehension of temporal order in narrative texts. *Discourse processes*, 15, 317-336.
- Ozyurek, A. (1997). Evaluation during the understanding of narratives. *Discourse Processes*, 23(3), 305-335.
- Perfetti, C.A. (1997). Sentences, individual differences and multiple texts – three issues in text comprehension. *Discourse Processes*, 23(3), 337-355.
- Proctor, R. W., Dutta, A., Kelly, P. L. & Weeks, D. J. (1994). Cross-modal compatibility effects with visual-spatial and auditory-verbal stimulus and response sets. *Perception & Psychophysics*, 55 (1), 42-47.
- Pylyshyn, Z. (1994). Some primitive mechanisms of spatial attention. *Cognition*, 50, 363-384.
- Reynolds, R. E., Trathen, W., Sawyer, M. L. & Shepard, C. R. (1993). Causal and apiphenomenal use of the selective attention strategy in prose comprehension. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 258-278.
- Rhodes, G., Parkin, A. J. & Tremewan, T. (1993). Semantic priming and sensitivity in lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 154-165.
- Sanders, T. & Spooren, W. (1992). Toward a taxonomy of coherence relations, *Discourse processes*, 15, 1-35.
- Sarkonak, R. & Hodgson, R. (1993). Seeing in depth: the practice of bilingual writing. *Visible Language*, 27 (1).
- Smith, E. S. & Swinney, D. A. (1992). The role of schemas in reading text: a real-time examination. *Discourse processes*, 15, 303-316.
- Spiegel, G. F. & Barufaldi, J. P. (1994). The effects of a combination of text structure awareness and graphic postorganizers on recall and retention of science knowledge. *Journal Of Research In Science Teaching*, 31 (9), 913-932.
- Stadler, M. (1992). Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (2), 318-327.
- Stromer, R. & Mackay, H. A. (1993). Human sequential behavior: relations among stimuli class formation, and derived sequences. *The Psychological Record*, 43, 107-131.
- Suh, S. & Trabasso, T. (1993). Inferences during reading: converging evidence from discourse analysis, talk-aloud protocols, and recognition priming. *Journal Of Memory And Language*, 32, 279-300.
- Sweller, J. (1993). Some cognitive processes and their consequences for the organization and presentation of information. *Australian Journal of Psychology*, 45(1), 1-8.
- Sweller, J. & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn., *Cognition And Instruction*, 12 (3), 185-233.
- Teasdale, J. D., Proctor, L., Lloyd, C. A. & Baddeley, A. D. (1993). Working memory and stimulus-independent thought: effects of memory load and presentation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5(4), 417-433.
- Trabasso, T. & Suh, S. (1993). Understanding text: achieving explanatory coherence through on-line interfaces and mental operations in working memory. *Discourse processes*, 16, 3-34.
- Van Looche, P. R. (1993). *The dynamics of concepts - a connectionist model*, Springer Verlag.
- Wilson, S., Rinck, M., McNamara, T. P. & Bower, G. H. (1993). Mental Models and Narrative Comprehension: Some Qualifications. *Journal Of Memory And Language*, 32, 141-154.



#### **b4 Communication: résonance, synchronisation, interaction et interface (problématiques 11,12)**

- Adrianson, L. & Hjelmquist, E. (1993). Communication and memory of texts in face-to-face and computer-mediated communication. *Computers in Human Behavior*, 9, 121-135.
- Agou, S., Raskin, V. & Salvendy, G. (1993). Combining natural language with direct manipulation: the conceptual framework for a hybrid human-computer interface. *Behavior & information technology*, 12 (1), 48-53.
- Bernsen, N., Dybkjaer, H. & Dybkjaer, L. (1996). Cooperativity in human-machine and human-human spoken dialogue. *Discourse Processes*, 21(2), 213-236.
- Blandford, A. E. (1993). An agent-theoretic approach to computer participation in dialogue. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 965-998.
- Bordegoni, M. (1994). An environment for the specification and recognition of dynamic gestures. *Journal of Visual Languages and Computing*, 5, 205-225.
- Borden, G. A. *Human communication systems* (2 ed.). Boston: American Press.
- Cawsey, A. (1992). *Explanation and Interaction: The Computer Generation of explanatory dialogues*. Cambridge, Massachusetts: the MIT Press.
- Christensen, L. (1998). The linear relationship between student reports of teacher immediacy behaviors and perceptions of state motivation, and of cognitive, affective, and behavioral learning. *Communication Education*, 47(1), 82-90.
- Cissna, K. & Anderson, R. (1998). Theorizing about dialogic moments – the Buber Rogers position and postmodern themes. *Communication Theory*, 8(1), 63-104.
- Crowder, E.M. (1996). Gestures at work in sense-making science talk. *Journal of the Learning Sciences*, 5(3), 173-208.
- Dalal, N. P. (1994). The design of joint cognitive systems: the effect of cognitive coupling on performance. *Int. J. Human-Computer Studies*, 40, 677-702.
- Day, D. L. (1998). Shared values and shared interfaces- the role of culture in the globalization of human-computer systems. *Interacting with Computers*, 9(3), 269-274.
- Deleau, M. (1993). Semiotic mediation in guiding interactions with young children: the role of context and communication handicap on distancing in adult discourse. *European Journal of Psychology of Education*, 8 (4), 473-486.
- Dewan, P. & Choudhary, R. (1991). Flexible user interface coupling in a collaborative system. In *INTERCHI '91*, 41-48.
- Dixon, P. & Di Lollo, V. (1994). Beyond visible persistence: an alternative account of temporal integration and segregation in visual processing. *Cognitive Psychology*, 26, 33-63.
- Dutke, S. (1994). Error handling: visualizations in the human-computer interface and exploratory learning. *Applied Psychology: An International Review*, 43 (4), 521-541.
- Engel, F. (1993). Expectations and feedback in user-system communication. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 427-452.
- Freitas, F., Myers, S. & Avtgis, T. (1998). Student perceptions of instructor immediacy in conventional and distributed learning classrooms. *Communication Education*, 47(4), 366-372.
- Frohlich, D. (1993). The history and future of direct manipulation. *Behavior & information technology*, 12, 315-327.
- Giardina, M. (1992). L'interactivité dans un environnement d'apprentissage multimedia. *Revue des sciences de l'éducation*, 8 (1), 43-66.
- Goldsmith, D. J. & Baxter, L. A. (1996). Constituting relationships in talk- a taxonomy of speak events in social and personal relationships. *Human Communication Research*, 23(1), 87-114.
- Green, A. K. (1994). Interacting cognitive subsystems: a framework for considering the relationships between performance and knowledge representations. *Interacting with Computers*, 6 (1), 61-85.
- Hall, R. (1996). Representation as shared activity-situated cognition and Dewey cartography of experience. *Journal of the Learning Sciences*, 5(3), 209-238.
- Harrison, M. D. & Duke, D. J. (1994). A review of formalisms for describing interactive behavior. In *ICSE '94*, 49-75.
- Hume, G., Michael, J., Rovick, A. & Evens, M. (1996). Hinting as a tactic in one-on-one tutoring. *Journal of the Learning Sciences*, 5(1), 23-47.
- Hutchings, G.A., Hall, W. & Colbourn, C. J. (1993). Patterns of students' interactions with a hypermedia system. *Interacting with Computers*, 5 (3), 295-313.
- Jacob, R. J., Leggett, J. J., Myers, B. A. & Pausch, R. (1993). Interaction styles and input/output devices. *Behavior & information technology*, 12 (2), 69-79.
- Jameson, A. (1993). The feeling of another person's knowing. *Journal Of Memory And Language*, 32, 320-335.
- Jih, H. J. & Reeves, T. C. Mental models: a research focus for interactive learning systems. *ETR & D*, 40(3), 39-53.
- Kenny, D.A., Albright, L., Malloy, T. E. & Kashy, D. A. (1994). Consensus in interpersonal perception: acquaintance and the big five. *Psychological Bulletin*, 116 (2), 245-258.

- Kluger, A. N. (1993). Person-versus computer-mediated feedback. *Computers in Human Behavior*, 9, 1-16.
- Knapp, M. (Eds.). (1993). *Handbook of interpersonal communication* (2 ed.). SAGE Publications.
- Lerman, S. (1996). Intersubjectivity in mathematics learning – a challenge to the radical constructivist paradigm. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(2), 133-150.
- McCarthy, J. C., Miles, V. C. & Monk, A. F. (1991). An experimental study of common ground in text-based communication. In 1991 ACM, 209-215.
- Mckendree, J., Stenning, K., Mayes, T., Lee, J. & Cox, R. (1998). Why observing a dialogue may benefit learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14(2),110-119.
- Mucchielli, A. (1999). *Théorie systémique des communications. Principes et application*. Paris: Armand Colin.
- Neilson, I. & Lee, J. (1994). Conversations with graphics: implications for the design of natural language/graphics interfaces. *Int. J. Human-Computer Studies*, 40, 509-541.
- O'Donnell, A. M. & O'Kelly, J. (1994). Learning from peers: beyond the rhetoric of positive results. *Educational Psychology Review*, 6 (4), 321-345.
- Petrilli, S.(1993). Dialogism and interpretation in the study of signs. *Semiotica*. 103-116.
- Raver, C. C. & Leadbeater, B. J. (1993). The problem of the other in research on theory of mind and social development. *Human Development*, 36, 350-362.
- Resnick, L. B. & Salmon, M. (1993). Reasoning in conversation. *Cognition And Instruction*, 11(3), 347-364.
- Rodriguez, J., Plax, T. & Kearney, P. (1996). Clarifying the relationship between teacher nonverbal immediacy and student cognitive learning-affective learning as the central causal mediator. *Communication Education*, 45(4), 293-305.
- Rosca, I., Morin, A. (1996). Peut-on redécouvrir le dialogue entre l'enseignant et l'apprenant dans le processus de l'instruction informatisé?Les actes du 10ième colloque du CIPTE, L. Sauvé (Ed.), Télé-université Québec.
- Roschelle, J. (1996). Special issue- collaborative learning –making scientific and mathematical meaning with gesture and talk –guest editor introduction. *Journal of the Learning Sciences*, 5(3), 169-171.
- Ruberg, L., Moore, D. & Taylor, C. (1996). Student participation, interaction and regulation in a computer-mediated communication environment – a qualitative study. *Journal of Educational Computing Research*, 14(3), 243-268.
- Schubauer-Leoni, M. L. & Grossen, M. (1993). Negotiating the meaning of questions in didactic and experimental contracts. *European Journal of Psychology of Education*, 4 (4), 451-467.
- Scott, D. (1993). Status conspicuity, peripheral vision, and text editing. *Behavior & information technology*, 12 (1), 23-31.
- Sieckenius, S. (1993). The semiotic engineering of user interface languages. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 753-773.
- Smith, R. B. (1992). What you see is what I think you see. *Sigcuc Outlook*, 21 (3), 18-23.
- Stewart, J. (1995). *Language as articulate contact – toward a post-semiotic philosophy of communication* . State University of New York Press.
- Suthers, D. & Woolf, B. (1992). Steps from explanation planning to model construction dialogues . In *AAAI 1992*, 24-30.
- Tang, J. (1991). Videowhiteboard: video shadows to support remote collaboration.In *ACM 1991*, 315-321.
- Taylor, J., Carletta, J & Mellish, C. (1996). Requirements for Belief Models in Cooperative Dialogue. *User modeling and user-adapted interaction*, 6, 23-68.
- Trognon, A. (1993). How does the process of interaction work when two interlocutors try to resolve a logical problem?. *Cognition And Instruction*, 11 (3), 325-345.
- Walther, J. (1996). Computer-mediated communication- impersonal, interpersonal, and perpersonal interaction. *Communication Research*, 23(1), 3-43.
- Wanzer, M. & McCroskey, J. (1998).Teacher socio-communicative style as a correlate of student affect toward teacher and course material. *Communication Education*, 47(1), 43-52.
- Webster, J., Trevino, L. & Ryan, L. (1993). The dimensionality and correlated of flow in human-computer interactions, *Computers in Human Behavior*, 9, 411-426.
- Westmyer, S., Dicioccio, R. & Rubin, R. (1998). Appropriateness and effectiveness of communication in competent interpersonal communication. *Journal of Communication*, 48(3), 27-48.
- Zhang, J.; Norman, D. A., Representations in distributed cognitive tasks, *Cognitive Science*, 18, 87-122, 1994.

## b5 La coopération et la négociation des décisions (problématiques 13, 14)

- Alonso, D. & Norman, K. (1996). Forms of control and interaction as determinants of lecture effectiveness in the electronic classroom. *Computers & Education*, 27 (3-4) 205-214.
- Azevedo, R. & Bernard, R. (1995). A meta-analysis of the effects of feedback in computer-based instruction. *Journal of Educational Computing Research*, 13(2), 111-127.
- Batson, T. (1992). Finding value in CSCL. *Sigcue Outlook*, 21 (3), 26-29.
- Benford, S., Smith, H., Shepherd, A. & Bullock, A. (1992). Information sharing approach to CSCW: the Grace project. *Computer Communications*, 15(8), 502-508.
- Benford, S. & Bowers, J. (1995). Networked virtual reality and cooperative work. *Presence*, 4 (4), 364-386.
- Berlage, T. & Genau, A. (1993). A framework for shared applications with a replicated architecture. In *ACM 1993*, 249-257.
- Bentley, R., Rodden, T., Sawyer, P. & Sommerville, I. (1992). An architecture for tailoring cooperative multi-user displays. In *CSCW 1992*, 187.
- Berlin, L. M., Jeffries, R., O'Day, V. L., Paepcke, A. & Wharton, C. (1993). Where did you put it? Issues in the design and use of a group memory. In *ACM 1993*, 23-30.
- Bowers, J. & Rodden, T. (1993). Exploding the interface: experiences of a CSCW Network. In *INTERCHI '93*, 255-262.
- Bray, A. D. & Alty, J.L. (1994). Multiple worlds: an approach to multimedia resource management using truth maintenance. *Interacting with Computers*, 6 (2), 135-150.
- Bruna, P. & Burton, M. (1997). Modeling students collaborating while learning about energy. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13(3), 194-205.
- Cameron, J. & Pierce, W.. The debate about rewards and intrinsic motivation – protests and accusations do not alter the results. *Review of Educational Research*. 66(1), 39-51.
- Carver, N. & Lesser, V. (1994). Evolution of blackboard control architectures. *Expert Systems With Applications*, 7, 1-30.
- Chevallier, R. (1992). STUDIA: un système tutoriel intelligent coopératif fondé sur la négociation et sur un modèle dynamique de dialogue. In *ITS 1992*, Frasson (Ed.), 58-65.
- De Miguel, T. P., Pavon, S. & Salvachua, J. (1994). ISABEL. Experimental distributed cooperative work application over broadband network. In *IWACA '94*, 353-362.
- Dommel, H. P. & Garcia-Luna-Aceves, J. J. (1997). Floor control for multimedia conferencing and collaboration. *MultiMedia*, 5 (1), 23-38.
- Dourish, P. & Bellotti, V. (1992). Awareness and coordination in shared workspaces. in *CSCW '92*, 107-114.
- Dupont, C. (1986). La négociation. *Conduite, théorie, applications*. Dalloz.
- Fechter, J. & Grunert, T. (1997). User-centered development of medical visualization applications: flexible interaction through communicating application objects. *International Journal of Human-Computer Studies*, 20 (6), 763-774.
- Gale, S. (1992). Desktop video conferencing: technical advances and evaluation issues. *Computer Communications*, 15 (8), 517-525.
- Hatcher, M. (1995). A tool kit for multimedia supported group/organizational decision systems (MSGDS). *Decision Support Systems*, 15, 211-217.
- Hoc, J. M. & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques, *Psychologie Française*, 39 (2), 177-192.
- Hughes, P. T., Morris, M. E. & Plant, T. A. (1993). Understanding and uncovering design issues in synchronous shared-window conferencing. *Interacting with Computers*, 5 (1), 115-130.
- Ishii, H., Kobayashi, M. & Grudin, J. (1992). Integration of inter-personal space and shared workspace: clearboard design and experiments in *CSCW '92*, 33-42.
- Jeffay, K., Lin, J. K., Menges, J., Smith, F. D. & Smith, J. B. (1992). Architecture of the artifact-based collaboration system matrix in *CSCW '92*, 195-202.
- Jones, S. R. & Thomas, P. J. (1996). Information technology support for shared task performance within an office environment. *Interacting with Computers*, 8 (3), 241-252.
- Kaplan, S. M. & Carroll, A. M. (1992). Supporting collaborative processes with conversation builder. *Computer Communications*, 15 (8), 489-500.
- Karmouch, A. (1993). Multimedia distributed cooperative, *Computer Communications*, 16 (9), 568-580.

- Koshizuka, N. & Sakamura, K. (1993). Window real-objects: a distributed shared memory for distributed implementation of GUI applications. In ACM '93, UIST '93, 237-247.
- Koschmann, T. (1992). Computer support for collaborative learning: design, theory, and research issues. *Sigcue Outlook*, 21 (3), 1-3.
- Koschmann, T. & Feltovich, P. (1992). Implications of CSCL for problem-based learning. *Sigcue Outlook*, 21 (3), 32-35.
- Latane, B. & Bourgeois, M. J. (1996). Experimental evidence for dynamic social impact –the emergence of subcultures in electronic groups. *Journal of Communication*, 46(4), 35-47.
- Luff, P., Heath, C. & Greatbatch, D. (1992). Task-in-interaction: paper and screen based documentation in collaborative activity in CSCW '92, 163-170.
- Mahling, D. E., Sandvik, O. A. & Croft, W. B. (1990). Visual interaction between end users and goal based systems in IEEE '92, 182-186.
- Mauthe, A., Hutchison, D., Coulson, G. & Namuye, S. (1994). From requirements to services: group communication support for distributed multimedia systems. In IWACA '94, 266-277.
- McKinlay, A., Procter, R., Masting, O., Woodburn, R. & Arnott, J. (1994). Studies of turn-taking in computer-mediated communications. *Interacting with Computers*, 6 (2), 151-171.
- Min, Z. & Rada, R. (1993). A model for computer supported collaborative work and document re-use. *Intelligent Tutoring Media*, 4 (1), 3-13.
- Minneman, S. L. & Bly, S. A. (1991). Managing a trois: a study of a multi-user drawing tool in distributed design work. In CHI '91, 217-223.
- Nyerges, T., Moore, T., Montejano, R. & Compton, M. (1998). Developing and using interaction coding systems for studying groupware use. *Human-Computer Interaction*, 13(2), 127-165.
- Palme, J. & Tholerus, T. (1992). SuperKOM - design considerations for a distributed, highly structured computer conferencing system. *Computer Communications*, 15 (8), 509-516.
- Pedersen, E. R., McCall, K., Moran, T. P. & Halasz, F. G. (1993). Tivoli: an electronic whiteboard for informal workgroup meetings in INTERCHI '93, 391-398.
- Plowman, L. (1993). Tracing the evolution of a co-authored text. *Language & Communication*, 13 (3), 149-161.
- Ponta, D. & Scapolla, A. (1996). Tematics for education: the design of a distributed computer-based collaborative learning system. In *Educational Telecommunications '96*, P. Carlson (eds), ACE, Boston, 252-257.
- Prakash, A.; Knister, M. (1992). Undoing actions in collaborative work in CSCW '92 Proceedings, 273-280.
- Salomon, G. (1992). What does the design of effective CSCL require and how do we study its effects?. *Sigcue Outlook*, 21 (3), 62-68.
- Ramsay, J., Barabesi, A. & Preece, J. (1996). Informal communication is about sharing objects in media. *Interacting with Computers*, 8 (3), 277-283.
- Riexinger, D. & Fehr, C. (1995). Applications sharing based on bitmap exchange. In IEEE '95, 76-85.
- Rodden, T. & Blair, G. S. (1992). Distributed systems support for computer supported cooperative work. *Computer Communications*, 15 (8), 527-537.
- Underwood, G., Underwood, J. & Turner, M. (1993). Children's thinking during collaborative computer-based problem solving. *Educational Psychology*, 13 (3), 345-357.
- Tani, M. & Horita, M. (1994). Courtyard: integrating shared overview on a large screen and per-user detail on individual screens in CHI'94 Proceedings, 44-49.
- Wagner, C. (1995). Facilitating space-time differences, group heterogeneity and multi-sensory task work through a multimedia supported group decision system. *Decision Support Systems*, 15, 197-210.
- Waern, Y. (1996). Collective learning and collective memory for coping with dynamic complexity. *SIGCHI Bulletin*, 28 (3), 34-41.
- Whittaker, S., Brennan, S. E. & Clark, H. H. (1991). Coordinating activity: an analysis of interaction in computer-supported co-operative work in CHI '91, 361-367. Whittaker, S. & Geelhoed, E. (1993). Shared workspaces: how do they work and when are they useful?. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 813-842.
- Wolf, K. H., Froitzheim, K. & Schulthess, P. (1995). Multimedia applications sharing in a heterogeneous environment. In *ACM Multimedia '95*, 57-63.

## b6 Action et pratique; exploration et assistance (problématiques 9, 17)

- Aamodt, A. & Plaza, E. (1994). Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AICOM*, 7 (1), 39-55.
- Ambach, J., Perrone, C. & Reppenning, A. (1995). Remote exploratoriums: combining network media and design environments. *Computers Education*, 24 (3), 163-176.
- Barron, B., Schwartz, D. & Vye, N. (1998). Doing with understanding - lessons from research on problem -and project based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 271-311.
- Bergeron, A. & Paquette, G. (1990). Discovery environments and intelligent learning tools in intelligent tutoring systems: at the crossroad of artificial intelligence and education. In C.Frasson, & G. Gauthier (Eds). Ablex Publishing Corporation.
- Burnett, K. & Mckinley, E. (1998). Modeling information seeking. *Interacting with Computers*, 10(3), 285-302.
- Dan, A., Sitaram, D. & Song, J. (1998). Browsing and retrieval architecture for hierarchical multimedia annotation. *Multimedia Tools & Applications*,7(1-2), 83-101.
- Davies, S. P. (1994). Knowledge restructuring and the acquisition of programming expertise. *Int. J. Human-Computer Studies*, 40,703-726.
- De Jong, T., De Hoog, R. & De Vries, F. Coping with complex environments: the effects of providing overviews and a transparent interface on learning with a computer simulation. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 621-639.
- Dreher, M. J. (1993). Reading to locate information: societal and educational perspectives. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 129-138.
- Etzioni, O. (1997). Moving up the information food chain – deploying softbots on the World Wide Web. *AI Magazine*, 18(2), 11-18.
- Fach, P.(1993).From conflict to dialogue, on attack and defense in on-line assistance in VCCHI'93 Proceedings, 102-113.
- Fazey, D. & Linford , J. (1996). Tutoring for autonomous learning – principles and practice. *Innovations in Education & Training International*, 33(3), 185-196.
- Ferrara, F. M. (1994). The KIM query system. An iconic interface for the unified access to distributed multimedia databases. *SIGCHI Bulletin*, 26 (3), 30-39.
- Forbus, K.D.& Falkenhainer, B. (1992). Self -Explanatory simulations: an integration of qualitative and quantitative knowledge in AAAI '92 Proceedings, 380-387.
- Guthrie, J. T., Weber, S. & Kimmerly, N. (1993). Searching documents: cognitive processes and deficits in understanding graphs, tables, and illustrations. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 186-221.
- Hardman, L. & Bulterman, D. (1994). The Amsterdam Hypermedia model. *Communications of the ACM*, 37 ( 2), 50.
- Harvey, C.F., Smith, P. & Lund, P. (1998). Providing a networked future for interpersonal information retrieval-INFOVINE and user modelling. *Interacting with computers*,10(2),195-212.
- Hill, W. (1993). A wizard of oz study of advice giving and following. *Human-Computer Interaction*, 8, 57-81.
- H. S., Kelso, J. A. S. & Schoner, G. (1993). Bistability and hysteresis in the organization of apparent motion patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(1), 63-80.
- Horney, M. (1993). A measure of hypertext linearity. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2 (1), 67-82.
- Hughes, M.A. (1997). Online documentation in reference-based instruction – a practical model for integrating help systems into product training. *Technical Communication*, 44(1), 58-64.
- Johnson, C. & Dunlop, M. D. (1994). Subjectivity and notions of time and value in interactive information retrieval. *Interacting with computers*, 10(2), 155.
- Kappe, F. & Maurer, H. (1994). From hypertext to active communication/information systems. *Journal of Microcomputer Applications*, 17, 333-344.
- Keim, D. A. & Kriegel, H. P. (1994). VisDB: database exploration using multidimensional visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 40-49.
- Lamontagne, C. & Bourdeau, J. (1992). Towards an epistemology for guided discovery tutoring: the popperian connection. In *AI' 92 proceedings*, 92-101.
- Leggett, J. J. & Schnase, J. L. (1994). Dexter with open eyes. *Communications of the ACM*, 37 (2), 77.
- Liben, L. S. & Downs, R. M. (1993). Understanding person-space-map relations: cartographic and developmental perspectives. *Developmental Psychology*, 29 (4), 739-751.
- Lord, R. G. & Levy, P. E. (1994). Moving from cognition to action: a control theory perspective. *Applied Psychology: An International Review*, 43 (3), 335-363.

- Mackinlay, J. & Robertson, G. (1991). The perspective wall: detail and context smoothly integrated in 1991 *ACM*, 173-179.
- Markee, K. (1993). Searching for such and such ... the key is instruction. 14<sup>th</sup> National Online Meeting, 301-305, 1993.
- Maurer, H., Philpott, A. & Scherbakov, N. (1994). Hypermedia systems without links. *Journal of Microcomputer Applications*, 17, 321-332.
- Maybury, M. T. (1994). Knowledge-based multimedia: the future of expert systems and multimedia. *Expert Systems With Applications*, 7 (3), 387-396.
- McDonald, S. & Stevenson, R. J. (1998). Navigation in hyperspace- an evaluation of the effects of navigational tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext. *Interacting with computers*, 10(2), 129-142.
- Mellendorf, S. A. (1994). Automating access to Internet resources at the reference desk. *Online*, 18 (5), 69-73.
- Miyahara, K. & Okamoto, T. (1998). Collaborative information filtering in cooperative communities, *Journal of Computer Assisted Learning*, 14(2), 100-109.
- Nelson, W. A. (1994). Analyzing user interactions with hypermedia systems, *Computer & Graphics*, 28(1), 43-46.
- Njoo, M. & Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 821-844.
- O'Day, V. L. & Jeffries, R. (1993). Orienteering in a information landscape: how information seekers get from here to there in INTERCHI' 93 Proceedings, 438-445.
- O'Donnell, A. M. (1994). Learning from knowledge maps: the effects of map orientation. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 33-44.
- Ottosson, T. (1993). Visual effects as an aid in learning hierarchically organized informatio. *Computers in Human Behavior*, 9, 295-308.
- Parker, S. T. (1993). Imitation and circular reactions as evolved mechanisms for cognitive construction. *Human Development*, 36, 309-323.
- Pratt, D. B., Farrington, P. A. & Basnet, C. B (1994). The separation of physical, information, and control elements for facilitating reusability in simulation modeling. *International Journal in Computer Simulation*, 4, 327-341.
- Rivlin, E., Botafogo, R. & Shneiderman, B. (1994). Navigating in hyperspace: designing a structure-based toolbox. *Communications of the ACM*, 37 (2), 87.
- Rose, D.E. & Bornstein, J.J. (1998). Information rendez-vous. *Interacting with computers*, 10(2), 213.
- Scott, J. F. (1994). Training the trainers - an introduction to teaching other people about the Internet in Online Information '94 Proceedings, 304-310.
- Simpson, A. (1990). Lost in hyperspace: how can designers help?. *Intelligent Tutoring Media*, 1 (1), 31-40.
- Spink, A. (1993). Search term selection during mediated online searching. 14-th National Online meetings, 387-397.
- Stanton, N. A., Taylor, R. G. & Tweedie, L. A., Maps as navigational aids in hypertext environments: an empirical evaluation. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1 (4), 431-444.
- Talin, A (1994). Real interactivity in interactive entertainment. *Computer & Graphics*, 28 (2), 97-157.
- Tattersall, C. (1992). A new architecture for intelligent help systems. In ITS '92, Frasson (ed.), 302-315.
- Tiffeneau, D. (1977). *La sémantique de l'action*. Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Twidale, M. & Nichols, D. (1998). Designing interfaces to support collaboration in information retrieval. *Interacting with computers*, 10(2), 177-193.
- Vanjoolingen, W. & Dejong, T. (1997). An extended dual search space model of scientific discovery learning. *Instructional Science*, 25(5), 307-346.
- Waern, Y. (1993). Varieties of learning to use computer tools. *Computers in Human Behavior*, 9, 323-339.
- Wellman, M. P., Durfee, E. H. & Birmingham, W. P. (1996). The digital library as a community of information agents. *IEEE Intelligent Systems & Their Applications*, 11(3), 10-11.
- Williams, S. & Hmelo, C. (1998). Special issue – learning through problem solving – guest editors introduction. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 265-270.
- Wiederhold, G. & Genesereth, M. (1997). The conceptual basis for mediation services. *IEEE Intelligent Systems & Their Applications*, 12(5), 38-47, 1997.

## b7 Instruments explicatifs; modalités et média ; environnements (problématique 15,16)

- Ambron, S. & Hooper, K. (1990). Learning with interactive multimedia. Microsoft Press.
- Bauer, M. & Johnson-Laird, P. (1993). How diagrams can improve reasoning?. *Psychological science*, 46, 372-377.
- Bos, E., Huls, C. & Claassen, W. (1994). EDWARD: full integration of language and action in a multimodal user interface. *Int. J. Human-Computer Studies*, 40, 473-495.
- Brockenbrough, A.S.(1994). Multiplicity of media, *Educational Technology*, 4, 33-34.
- Catarci, T., Massari, A. & Santucci, G. (1991). Iconic and diagrammatic interfaces: an integrated approach. In *IEEE '91 Workshop on visual languages*, 199-204.
- Cohen, M. (1993). Throwing, pitching and catching sound: audio windowing models and modes. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 269-301.
- Collis, B. & Smith, C. (1997). Desktop multimedia environments to support collaborative distance learning. *Instructional Science*, 25(6), 433-462.
- Danhiere, G., Legros, D. & Tapiero, I. (1993). Representation in memory and acquisition of knowledge from text and picture: theoretical, methodological, and practical outcomes. *CVGIP: Image Understanding*, 5 (3), 311-325.
- De Jong, T., De Hoog, R. & De Vries, F. (1993). Coping with complex environments: the effects of providing overviews and a transparent interface on learning with a computer simulation. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 621-639.
- Ferguson, E. (1994). Properties of cognitive maps constructed from texts. *Memory & Cognition*, 22 (4), 455-470.
- Frasson, C., Kaltenebach, M., Gecsei, J. & Djamen, J. Y. (1992). An iconic intention-driven ITS environment. In *ITS '92*, Frasson (Eds.), 66-75.
- Fujii, H. & Korfhage, R. (1991). Features and a model for icon morphological transformation. In *IEEE '91 Workshop on visual languages*, 240-245.
- Gaver, W. W. (1993). Synthesizing auditory icons. *ACM '93*, 228-235.
- Giardina, M. (1988). Interactivité , vidéodisque et intelligence artificielle. *Les actes du sixième colloque du CIPTE*, ed. Lescop J, 313-328.
- Giardina, M. & Meunier, C. (1992). Explor'art: une espace virtuel interactif multimédia. *Les actes du VIIIe colloque du CIPTE*, L. Sauvé (Ed.), 159-168.
- Gloor, P, Makedon, F. & Van Ligten, O. (1996). Obstacles in Web Multimedia Publishing: Bringing Conference Proceedings On-line in Educational Telecommunications '96 in P. Carlson & F. Makedon (Eds.), 121-126, AACE, Boston.
- Gibbs, S., Breiteneder, C., De Mey, V. & Papatomas, M. (1993). Video Widgets and Video Actors. In *UIST '93*, 179-185.
- Grimes, T. Audio-video correspondence and its role in attention and memory. *ETR&D*, 38 (3), 15-25.
- Hartman, H. & Sternberg, R. J. (1993). A broad BACEIS for improving thinking. *Instructional Science*, 21, 401-425.
- Hegarty, M. & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory And Language*, 32, 717-741.
- Hodges, M. & Sasnet, R. (1993). Multimedia Computing- cases studies from MIT project ATHENA. Addison Wesley.
- Jaspers, F. Speech and voice in instructional programs. *EMI*, 31 (2), 114-121.
- Johnson, W., Jellinek, H., Klotz, L., Rao, R. & Card, S. (1993). Bridging the paper and electronic worlds: the paper user interface. In *INTERCHI '9*.
- Jonassen, D. (1989). *Hypertext/Hypermedia*. NY: Englewood Cliffs.
- Kapur, S. & Stillman, G. (1997). Teaching and learning using the world wide web- a case study. *Innovations in Education & Training International*, 34(4), 316-322.
- Korfhage, R. R. & Olsen, K. A. (1991). Information display: control of visual representations. In *IEEE '91 Workshop on visual languages*, 56-61.
- Kulhavy, R. & Stock, W. How geographic maps increase recall of instructional text. *ETR&D*, 41 (4), 47-61.
- Kumar, D. D. Hypermedia: a Tool for Alternative Assessment?. *ETTI*, 31 (1), 59-65.
- Lamming, M., Brown, P., Carter, K., Eldridge, M., Flynn, M. & Louie, G. (1994). The design of a human memory prosthesis. *Computer Journal*, 37 (3), 153-162.
- Lambiotte, J. G., Skaggs, L. P. & Dansereau, F. (1993). Learning from lectures: effects of knowledge maps and cooperative review strategies. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 483-497.
- Laurillard, D. (1995). Multimedia and the changing experience of the learner. *British Journal of Educational Technology*, 26(3), 179-189.
- Lennon, J. & Maurer, H. (1994). Lecturing technology: a future with hypermedia. *Educational Technology*, 4, 5-13.
- Leventhal, L. M., Teasley, B. M., Instone, K., Rohlman, D. S. & Farhat, J. (1993). Sleuthing in HyperHolmes: an evaluation of using hypertext vs. a book to answer questions. *Behaviour & information technology*, 12 (3), 149-164.

- Levy, P. (1991). *L'idéographie dynamique*. Genève: Le Concept Moderne /Editions.
- Lindstrom, B., Marton, F. & Ottosson, T. (1993). Computer simulation as a tool for developing intuitive and conceptual understanding in mechanics. *Computers in Human Behavior*, 9, 263-281.
- Liter, J. C., Braunstein, M. L. & Hoffman, D. D. (1993). Inferring structure from motion in two-view and multiview displays. *Perception*, 22 (12), 1441-1465.
- Mann, B. (1997). Shifting attention in multimedia-stochastic roles, design principles and the SSF model. *Innovations in Education & Training International*, 34(3), 174-187.
- Marton, P. (1991), Apprentissage interactif par vidéodisque couplé à l'ordinateur: bilan de sept prototypes. Les actes du VII-e colloque du CIPTE, L.Sauvé (Ed.), 267-275.
- Milheim, W. (1995). Learner interaction in a computer-based instructional lesson. *Journal of Educational Computing Research*, 13(2), 163-172.
- Mitta, D. & Gunning, D. (1993). Simplifying graphics-based data: applying the fisheye lens viewing strategy. *Behaviour & information technology*, 12 (1), 1-16.
- Mizon, J., Murphy, P. & Raymond, J. (1991). L'enseignement magistral assisté par ordinateur: un logiciel d'édition des cours et des applications. Les actes du VIIe colloque du CIPTE, L.Sauvé (Ed.), 283-288.
- Montazemi, A. & Wang, F. (1995). An empirical investigation of CBI in support of mastery learning. *Journal of Educational Computing Research*, 13(2), 185-205.
- Nelson, W. A. & Palumbo, D. B. (1992). Learning, instruction, and hypermedia, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedial*, 1, 287-299.
- Nicolson, R. I., Syder, D. & Freeman, M. (1994). Construction of a visual (video-supported active learning) resource. *Computers Education*, 22 (1), 91-97.
- Nigay, L. & Coutaz, J. (1993). A design space for multimodal systems: concurrent processing and data fusion. In *ACM '93*, 172-178.
- O'Donnell, A. M. (1994). Learning from knowledge maps: the effects of map orientation. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 33-44.
- Okchoon, P. (1994). Dynamic visual displays in media-based instruction. *Educational Technology*, 4, 21-25.
- Palmiter, S. & Elkerton, J. (1993). Animated demonstrations for learning procedural computer-based tasks. *Human-Computer Interaction*, 8, 193-216.
- Park, O. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. *Instructional Science*, 21, 427-449.
- Plowman L. (1996). Narrative, linearity and interactivity- malting sense of interactive multimedia. *British Journal of Educational Technology*, 27(2), 92-105.
- Rada, R. (1991). *Hypertext- from text to expertext*. Mc Graw- Hill.
- Rakotonirainy, A., Berry, A., Crawley, S. & Milosevic, Z., (1997). Describing open distributed systems – a foundation . *Computer Journal*, 40(8), 479-488.
- Rittschof, K.A., Stock, W. A., Kulhavy, R.W., Verdi, M. P. & Doran, J.M.(1994). Thematic maps improve memory for facts and inferences: a test of the stimulus order hypothesis. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 129-142.
- Roth, W. & Roychoudhury, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (2), 127-152.
- Roth, W., Woszczyzna, C. & Smith, G. (1996). Affordances and constraints of computers in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 995-1017.
- Schwartz, D. L. (1993). The construction and analogical transfer of symbolic visualizations. *Journal Of Research In Science Teaching*, 30 (10), 1309-1325.
- Sime, J. A. & Leitch, R. (1992). A learning environment based on multiple qualitative models in Intelligent tutoring systems, C. Frasson (ed.), 116-122. Springer-Verlag
- Simpson, M. S. (1994). Neurophysiological considerations related to interactive multimedia. *ETR&D*, 42 (1), 75-81.
- Stasko, J., Badre, A. & Lewis, C. (1993). Do algorithm animations assist learning? An empirical study and analysis in *INTERCHI '93 Proceedings*, ACM, 61-66.
- Stone, C. M., Fishkin, K. & Bier, E. A. (1994). The movable filter as a user interface tool in *CHI '94 Proceedings*, 306-312.
- Stock, O. (1994). Natural language in multimodal human-computer interfaces. *IEEE Expert*, 40-44.
- Sweeters, W. (1994). Multimedia electronic tools for learning. *Educational Technology*, 5/6, 47-53.
- Van Der Meij, H. & Lazonder, A. W. (1993). Assessment of the minimalist approach to computer user documentation. *Interacting with Computers*, 5 (4), 355-369.
- Zhao, R. (1993). Incremental recognition in gesture-based and syntax-directed diagram editors. *INTERCHI '93*, 95-100.



## b8 Conception de l'explication: phénomènes, tactiques et techniques (problématiques 10, 18)

- Artzt AF. & Armourthomas E. (1998). Mathematics teaching as problem solving- a framework for studying teacher metacognition underlying instructional practice in mathematics. *Instructional Science*, 26(1-2), 5-25.
- Baecker, R. M., Nastos, D., Posner, I. R. & Mawby, K. L. (1993). The user-centered iterative design of collaborative writing software. In ITS '93, 399-405.
- Barfield, L., Burgsteden, W., Lanfermeijer, R., Mulder, B., Ossewold, J. & Rijken, D. (1994). Interaction design at the Utrecht School of the Art. *SIGCHI Bulletin*, 26(3), 49-86.
- Bell B. & Redfield C. (1998). Special issue- authoring tools for interactive learning environments – guest editors introduction. *Journal of the Learning Sciences*, 7(1), 1-4.
- Bertolet, R. (1993). Demonstratives and intentions, ten years later. *Communication & Cognition*, 26 (1), 3-15.
- Bezuidenhout, A. (1993). Demonstrative modes of presentation. *Communication & Cognition*, 26 (1), 17-36.
- Besner, M. & La Rocque, G. (1994). Comment retrouver par l'imaginaire le plaisir perdu: enseigner. Les actes du VIIIe colloque du CIPTE, L.Sauvé (Ed.), 37-50.
- Blair, G., Dark, P., Davies, N., Mariani, J. & Snape, C. (1994). Integrated support for complex objects in a distributed multimedia design environment, *JOOP*, 1, 30-37.
- Charnock, E., Rada, R., Stichler, S. & Weygant, P., Task-based method for creating usable hypertext. *Interacting with Computers*, 6 (3), 275-287.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A. & King, R.A.(1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44 (4), 263-272.
- Dorner, J. (1992). Virtual writing: an author at play in a computer-simulated world. *Intelligent Tutoring Media*, 3 (2), 99-103.
- Depover, C., Giardina, M. & Marton, P. (1994). Les environnements d'apprentissage multimédia. Analyse et conception. *L'Harmattan*.
- Giardina, M. & Meunier, C. (1994). Design du système d'apprentissage interactif intelligent multimédias Glucomédia. Les actes du IXe colloque du CIPTE, L.Sauvé (Ed.), 105-116.
- Graesser, A. C., Swamer, S.S. & Hu, X.G.. (1997). Quantitative discourse psychology. *Discourse Processes*. 23(3), 229-263.
- Gronbaek, K. & Hem, J. (1994). Systems: a dexter-based architecture, *Communications of the ACM*, 37 (2), 65-74.
- Goodson, I.F. (1997). Representing teachers. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 111-117.
- Hawkey, K.(1998). Mentor pedagogy and student teacher professional development – a study of two mentoring relationships. *Teaching & Teacher Education*, 14(6), 657-670.
- Johnson, G. (1997). Reframing teacher education and teaching – from personalism to post-personalism. *Teaching & Teacher Education*, 13(8), 815-829.
- Knowlton ,S. & Berger, C. (1997). Message planning, communication failure, and cognitive load – further explorations of the hierarchy principle. *Human Communication Research*, 24(1), 4-30.
- Lind, M. (1994). Modeling goals and functions of complex industrial plants. *Applied Artificial Intelligence*, 8, 259-283.
- Marano, N. (1998). The teaching learning dialectic - two clases of teachers in graduate school. *Teaching & Teacher Education*, 14(4), 429-443.
- Martin, G.A. & Double, J.M. (1998). Developing higher education teaching skills through peer observation and collaborative reflection. *Innovations in Education & Training International*, 35(2), 161-170.
- Maybury, M. T. (1991). Planning multimedia explanations using communicative acts in AAAI 1991, 61-66,1991.
- Mcewan H. (1997). The functions of narrative and research on teaching. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 85-92.
- McKeown, K, Feiner, S. & Robin, J. (1992). Generating cross-references for multimedia explanation. In AAAI 92, 9-16.
- Medway, P. (1996). Virtual and material buildings – construction and constructivism in architecture and writing . *Written Communication*, 13(4), 473-514.
- Meira, S. R. L. & Moura, A. E. L. (1994). A scripting language for multimedia presentations . In ICMCS '94, 484-489.
- Meunier ,C., Giardina, M. (1994). La problématique de l'évaluation des systèmes multimédias interactifs. Les actes du IXe colloque du CIPTE, L. Sauvé (Ed.), 125-129.
- Moje, E. & Wade, S. (1997). What case discussions reveal about teacher thinking. *Teaching & Teacher Education*, 13(7), 691-712.

- Muhlhauser, M. (1992). Hypermedia and navigation as a basis for authoring/learning environments. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1, 51-64.
- Murray, T. (1998). Authoring instructional expertise in knowledge based tutors. *Instructional Science*, 26(3-4), 263-280.
- Peterson, J. L. (1981). *Net Theory and the Modeling of Systems*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Plowman, L. (1993). Tracing the evolution of a co-authored text. *Language & Communication*, 13 (3), 149-161.
- O'Brian, P. (1992). User-centred design and writing tools: designing with writers, not for writers. *Intelligent Tutoring Media*, 3 (2), 53-63.
- Park, I. & Hannafin, M. J.. Empirically-based guidelines for the design of interactive multimedia. *ETR&D*, 41 (3), 63-85.
- Riding, R. J. & Powell, S. D. (1993). Thinking and Education. *Educational Psychology*, 13(3), 217-226.
- Rosmorduc, J. (1993). L'histoire des sciences et leurs didactiques. *Les Sciences de l'education*, (4-5), 153-171.
- Rosebery, A. & Puttick, G. (1998). Teacher professional development as situated sense-making – a case study in science education. *Science & Education*, 82(6),649-677.
- Roseman, M. & Greenberg, S.(1996). Building real-time groupware with GroupKit, a groupware toolkit, *ACM Transactionson Computer-Human Interaction*, 3(1), 66-106.
- Rowan,K.E. (1996). A new pedagogy for explanatory public speaking-why arrangement should not substitute for invention, *Communication Education*, 44(3), 236-250.
- Rumbaugh, J. (1994). Virtual worlds. Modeling at different levels of abstraction. *JOOP*, 1, 16-19.
- Russell, D. M., Burton, R. R., Jordan, D. S., Jensen, A. M. & Rogers, R. A. (1990). Creating instruction with IDE: tools for instructional designers. *Intelligent Tutoring Media*, 1 (1), 3-15.
- Samaras, A. & Gismondi, S. (1998). Scaffolds in the field – Vygotskian interpretation in a teacher education program. *Teaching & Teacher Education*, 14(7), 715-733.
- Sloman, S. A. (1994).When explanations compete: the role of explanatory coherence on judgements of likelihood. *Cognition*, 52, 1-21.
- Strauss, S., Ravid, D., Magen ,N. & Berliner, D. (1998). Relations between teachers subject matter knowledge, teaching experience and their mental models of children mind and learning . *Teaching & Teacher Education*, 14(6), 579-595.
- Sternberg RJ. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise - what makes an expert student. *Instructional Science*, 26(1-2), 127-140.
- Takeuchi, A. & Nagao, K. (1993). Communicative facial displays as a new conversational modality. In *INTERCHI '93*, 187-193.
- Terlow, C. & Woudstra, E. (1993). The design of an illustrated instructional text; a functional approach. *Communication & Cognition*, 3 (4), 381-392.
- Tonfoni, G. & Richardson, J. E. (1993). Imagining textual machines. *Intelligent Tutoring Media*, 4 (2), 47-57.
- Wallace, M. D. & Anderson, T. J. (1993). Approaches to interface design. *Interacting with Computers*, 5 (3), 259-278.
- Waterworth, J. A., Chignell, M. H. & Zhai, S. M. (1993). From icons to interface models: designing hypermedia from the bottom up. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 453-472.
- Wideen, M., Mayersmith, J. & Moon, B. (1998). A critical analysis of the research on learning to teach-making the case for an ecological perspective on inquiry. *Review of Educational Research*, 68(2),130-178.
- Windsor, P. & Storrs, G. (1993). Practical user interface design notation. *Interacting with Computers*, 5(4), 423-438.
- Winkels, R. & Breuker, J. (1992). Modeling expertise for educational purposes. In *ITS' 1992*, 633-641.
- Wood, C. (1992). A study of the graphical mediating representations used by collaborating authors. *Intelligent Tutoring Media*, 3 (2), 75-83.

## **b9 Variation, adaptation, intelligence, évolution (problématiques 21,22,23)**

- Agamanolis, S. & Bove, V. (1997). Multilevel scripting for responsive. *IEEE Multimedia*, 4(4), 40-50.
- Akpinar, Y. & Hartley, J. (1996). Designing interactive learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(1), 33-46.
- Arsac, J. (1988). L'intelligence artificielle et l'EAO face au problème du sens in ITS '88 Proceedings, 1-4.
- Ashir, A., Ono, R. & Lee, E. S. (1995). Communication of multimedia information among adaptive agents in distributed environment. In *IEEE '90 Workshop in Visual Languages*, 107-112.
- Barbuceanu, M. & Fox, M. (1995). COOL: a language for describing coordination in multi-agent systems in *ICMAS'95 Proceedings*, AAAI Press, 17-24.
- Beaumont, I. H. (1994). User modelling in the interactive anatomy tutoring system ANATOM-TUTOR. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4, 21-45.
- Boyle, C. & Encarnacion, A. O. (1994). Metadoc: An adaptive hypertext reading system. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4, 1-19.
- Brna, P. (1998). Flexible education and the new technologies. *British Journal of Educational Technology*, 29(1), 3-4.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling & User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129.
- Calvi, L. & Debra, P. (1998). A flexible hypertext courseware on the web based on a dynamic link structure. *Interacting with Computers*, 10(2), 143-154.
- Cawsey, A. (1991). Generating interactive explanations. In *AAAI '91*, 86-91.
- Cawsey, A. (1993). User modeling in interactive explanations. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 221-247.
- Chen, Z. (1993). From participatory design to participating problem solving: enhancing system adaptability through user modeling. *AI & Soc*, 7, 238-247.
- Chou-Carroll, J. & Carberry, S. (1995). Communication for Conflict resolution in Multi-agent Collaborative planning in *ICMAS' 95 Proceedings*, AAAI Press, 49-56.
- Dahl, V. (1993). What the study of language can contribute to AI?, *AICOM*, 6(2), 92-105.
- Del Soldato, T. (1992). Detecting and reacting to the learner's motivational state. In *ITS '92*, 567-574.
- Désilets, M. (1994). L'ordinateur-miroir et l'intelligence non artificielle de l'enseignant. Jaques Viens (Eds.). *Les actes du colloque du CIPTE*, 111-116.
- Diessel, T., Lehmann, A. & Vassileva, J. (1994). Individualized course generation: a marriage between cal and ical. *Computers Education*, 22 (1), 57-64.
- Elofson, G. S. & Konsynski, B. R. (1994). A blackboard architecture for learning. *Expert Systems With Applications*, 7, 67-83.
- Fayol, M. (1994). Developpement et instruction, *Psychological Research*, 39(1), 57-62.
- Feiner, S. K. & McKeown, K. R. (1990). Generating coordinated multimedia explanations in *IEEE' 90 Proceedings*, 290-295.
- Frick, T. (1997). Artificial tutoring systems – what computers can and can know. *Journal of Educational Computing Research*, 16(2), 107-124.
- Gaiti, D. (1994). Introducing intelligence in distributed systems management. *Computer Communications*, 17 (10), 729-737.
- Greenwood, P. M., Parasuraman, R. & Haxby, J. V. (1993). Changes in visuospatial attention over the adult lifespan. *Neuropsychologia*, 31 (5), 471-485.
- Grosz, B. (1996). Collaborative systems. *AI Magazine*, 17(2), 67-85.
- Gugerty, L. (1997). Non-diagnostic intelligent tutoring systems – teaching without student models. *Instructional Science*, 25(6), 409-432.
- Hayes-Roth, B., Multiagent Collaboration in Directed improvisation in *ICMAS'95 Proceedings*, AAAI Press, 148-153.
- Hayes-Roth, B. (1993). Intelligent control. *Artificial Intelligence*, 59, 213-220.
- Hirashima, T. & Kashihara, A. (1992). Providing problem explanation for ITS. In C. Frasson (Ed.) in *ITS'92 Proceedings* 76-83.
- Horacek, H. (1997). A model for adapting explanations to the users likely inferences. *User Modeling & User-Adapted Interaction*, 7(1), 1-55.
- Hook K., Karlgren J. & Waern A. (1996). A glass box approach to adaptive hypermedia. *User Modeling & User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 157-184.

- Hovy, E. (1993). Automated discourse generation using discourse structure relations, *Artificial Intelligence*, 63, 341-385.
- Hunter, L. A. C. (1993). AI and representation: a study of a rhetorical context for legitimacy. *AI & Soc*, 7, 185-207.
- Kaplan, C., Fenwick, J. & Chen, J. (1993). Adaptive hypertext navigation based on user goals and context. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 193-220.
- Kobsa, A. & Pohl, W. (1994). Workshop on adaptivity and user modeling in interactive software systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 359-367.
- Kong, H. P. (1994). An Intelligent, Multimedia-Supported Instructional System. *Expert Systems With Applications*, 7 (3), 451-465.
- Levy, F. (1994). Raisonement et intelligence artificielle. *Psychologie Française*, 39 (2), 213-222.
- Lewis M. (1998). Designing for human-agent interaction. *AI Magazine*, 19(2), 67-78.
- Liu, M. & Reed, W. M. (1994). The relationship between the learning strategies and learning styles in a hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 10 (4), 419-434 .
- MacNeil, R. (1991). Generating multimedia presentations automatically using TYRO, the constraint, case-based designer's apprentice in 1991 IEEE Workshop on visual languages, 74-79.
- Merrill, M.D. (1998). ID EXPERT(TM) - A second generation instructional development system. *Instructional Science*, 26(3-4), 243-262.
- Moore, J., Lemaire, B. & Rosenblum, J. (1996). Discourse generation for instructional applications – identifying and exploiting relevant prior explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 5(1), 49-94.
- Mor, Y. & Rosenschein, J. (1995). Time and the prisoner's Dilemma in ICMAS'95 Proceedings, 276-281.
- Niem, L., Fugere, J., Rondeau, P. & Trembley, R. (1993). Defining the semantics of extended genetic graphs. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 107-153.
- Nikolova I. (1998). Flexible learning and design of instruction. *British Journal of Educational Technology*, 29(1), 59-72.
- Paquette, G.; Pachet, F.; Giroux, S.; Girard, J. (1996). EpiTalk: Generating Advisor Agents for Existing Information Systems. *Journal of Artificial Intelligence in education*, 7 (3/4), 349-379.
- Paas, G. W. & Van Merriënboer, J. G., Instructional Control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6 (4), 351-371.
- Peter, G. & Rosner, D., User-model-driven generation of instructions. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 289-319.
- Petrie, C. J. (1996). Agent-based engineering, the web, and intelligence. *IEEE Intelligent Systems & Their Applications*, 11(6), 24-29.
- Quilici, A. (1994). Forming user models by understanding user feedback. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 321-358.
- Rucker, J. & Polanco, M. J. (1997). Personalized navigation for the Web. *Communications of the ACM*, 40(3), 73-76.
- Sadlersmith, E. (1996). Learning styles and instructional design. *Innovations in Education & Training International*, 33(4), 285-293.
- Selfridge, O. G. (1993). The gardens of learning. *AI Magazine*, vol. (summer), 36-47.
- Scott, J. & Weckert, J. (1997). Helping the user to understand dynamic explanations. *AI Applications*, 11(3), 19-29.
- Sichman, J. & Demazeau, Y. (1995). Exploiting social reasoning to deal with agency level inconsistency in ICMAS'95 Proceedings, 325- 359.
- Sullivan, J. W. & Tyler, S. W. (1991). *Intelligent User Interfaces*. ACM Press.
- Sycara, K.P. (1998). Multiagent systems (Review of the book *Multiagent systems*), *AI Magazine*, 19(2), 11.
- Terveen, L., Hill, W., Amento, B. & McDonald, D. (1997). A system for sharing recommendations. *Communications of the ACM*, 40 (3), 59-62.
- Vargas, J. E. & Kee, C. J. (1992). Improving the scope of intelligent tutoring by adapting a case-based methodology through a distributed architecture. *Applied Artificial Intelligence*, 8, 413-424.
- Von Glasersfeld, E. (1993). Learning and adaptation in the theory of constructivism. *Communication & Cognition*, 26 (3), 393-402.
- Wahlster, W., Andre, E., Finkler, W., Profitlich, H. J. & Rist, T. (1993). Plan-based integration of natural language and graphics generation, *Artificial Intelligence*, 63, 387-427.
- Watson, R. & O'Neill, P. (1995). A flexible gesture interface. *Graphics Interface '95*, 231-238.
- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*. Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers.

**b10 Ingénierie: évaluation, optimisation, reproduction, planification, gestion (problématiques 24, 25, 26, 27, 28)**

- Aldrich, F., Rogers, Y. & Scaife, M. (1998). Getting to grips with interactivity – helping teachers assess the educational value of CD-ROMS. *British Journal of Educational Technology*, 29(4), 321-332.
- Bengio, S., Frasson, C. & Gecsei, J. (1985). Utilisation de systèmes d'EAO dans des systèmes d'ELAO. *SCSIT 1985*, 134-137.
- Berry, D. (1994). Involving users in expert system development. *Expert Systems*, 11 (1), 23-28.
- Brown, A. (1994). Processes to support the use of information technology to enhance learning. *Computers Education*, 22 (1), 145-153.
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *ETR&D*, 42 (2), 21-29.
- Clark, R. E. (1994). Media and method. *ETR&D*, 42 (3), 7-10.
- Cuomo, D. & Bowen, C. D. (1994). Understanding usability issues addressed by three user-system interface evaluation techniques. *Interacting with Computers*, 6 (1), 86-108.
- Duchatel, P. (1994). Repenser la technologie de l'éducation: perspectives d'aventure. Jaques Viens (Ed.). *Les actes du colloque du CIPTE*, 79-88.
- Driscoll, M. P., Klein, J. D. & Sherman, G. P. (1994). Perspectives on instructional planning: how do teachers and instructional designers conceive of ISD planning practices?. *Educational Technology*, 3, 34-42.
- Everson, H.T. & Tobias, S. (1998). The ability to estimate knowledge and performance in college—a metacognitive analysis. *Instructional Science*, 26(1-2), 65-79.
- Fournier, J.P. (1992). La professionnalisation du domaine de la pratique de la technologie éducative: une première image d'une réalité naissante. *Les actes du VIIIe colloque du CIPTE*, L. Sauvé (Ed.), 245-254.
- Fotinas, C. & Henri, C. (1986). Quelques réflexions sur la technologie du bricolage: une techno-logique éducationnelle. *Les actes du colloque du CIPTE*.
- Gagné, R. & Briggs, L. (1988). *Principles of instructional design*. New York: Holt, Rinehart and Wilson.
- Grant, C., Scott, T. & McTeer, M. (1997). A technology-based approach to training needs analysis. *Innovations in Education & Training International*, 34(3), 188-193.
- Gray, D. & Black, T. (1994). Prototyping of computer-based training materials. *Computers Education*, 22 (3), 251-256.
- Gros, B. & Spector, J. M. (1994). Evaluating automated instructional design systems: a complex problem. *Educational Technology*, 5/6, 37-45.
- Hannafin, M. & Land, S. (1997). The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments. *Instructional Science*, 25(3), 167-202.
- Heinich, R. (1984). The proper study of instructional technology. *ECTJ*, 32 (2), 67-87.
- Hwang, A. (1996). Positivist and constructivist persuasions in instructional development, *Instructional Science*, 24(5), 343-356.
- Jacquinet, G. (1988). Technologie dans l'éducation ou technologie de l'éducation: ingénierie ou théorie? J. Lescop (Ed.). *Les actes du sixième colloque du CIPTE*. 13-20.
- Jacobs, G. (1998). Evaluating courseware – some critical questions. *Innovations in Education & Training International*, 35(1), 3-8.
- Jaspers, F. Target group characteristics: are perceptual modality preferences relevant for instructional materials design?. *ETTI*, 1, 11-17.
- Jonassen, D. H. Hypertext as instructional design. *ETR&D*, 39 (1), 83-91.
- Jonassen, D., Campbell, J. & Davidson, M. (1994). Learning with media: restructuring the debate. *ETR&D*, 42 (2), 31-39.
- Jones, M. K., Li, Z. & Merrill, M. D.. Rapid prototyping in automated instructional design, *ETR&D*, 40 (4), 95-100.
- Kennedy, M. F. (1994). Instructional design or personal heuristics in classroom instructional planning. *Educational Technology*, 3, 17-24.
- Khan, T. (1996). Pedagogic principles of case-based cal. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(3), 172-192.
- Kozma, R. B. (1994). A replay: media and methods. *ETR&D*, 42 (3), 11-14.
- Lapointe, J. (1991). Une métavision du processus de la technologie de l'éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, XVII (2), 207-221.
- Lapointe, J. & Gagné, P. (1992). Le savoir d'expérience et le savoir intuitif en technologie de l'éducation : contributions décisionnelles des savoirs négligés. *Les actes du VIIIe colloque du CIPTE*, L.Sauvé (Ed.), 275-286.
- Maurer, M. (1993). The reduction of computer anxiety: its relation to relaxation training, previous computer coursework, achievement, and need for cognition. *Journal of Research on Computing in Education*, 26 (2), 205-219.

- Michael, A. L., Klee, T., Bransford, J. & Warren, S. (1993). The transition from theory to therapy: test of two instructional methods. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 139-153.
- Miller, L. Teaching visual literacy with films and video, 'the moving image'. *EMI*, 31 (1), 58-61.
- Mingolarra, J. A. The best medium for the best teaching. *EMI*, 31 (1), 25-29.
- Morin, A. (1991). Une technologie systémique appropriée à des référentiels pour la conception, la réalisation et la production des médias d'apprentissage. *Les actes du VIIe colloque du CIPTE*, L.Sauvé (Ed.), 121-131.
- Morrison, G. R. (1994). The media effects question: "unresolvable" or asking the right question. *ETR&D*, 42(2), 41-44.
- Murray, T. & Park Woolf, B. (1992). Tools for teacher participation in ITS design in ITS '92 Proceedings, 593-600.
- Neilson, I. & Thomas, R. (1996). Designing educational software as a re-usable resource. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(2), 114-126.
- Nwana, H. (1990). The evaluation of an intelligent tutoring system. *Intelligent Tutoring Media*, 1 (3), 117-131.
- Overbaugh, R. C. (1994). Research-based guidelines for computer-based instruction development. *Journal of Research on Computing in Education*, 27 (1), 29-48.
- Palmer, J., Ames, C. T. & Lindsey, D. T. (1993). Measuring the effect of attention on simple visual search. *Journal of Experimental Psychology*, 19 (1), 108-130.
- Reigeluth, C. (1987). *Instructional theories in action*. NJ: Hillsdale.
- Reigeluth, C., Banathy, B. & Olson, J. (1983). *Comprehensive System Design: a New Educational Technology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Reeves, T., Evaluating Interactive multimedia, *Educational Technology*, May, 1992.
- Reiser, R. A. & Kegelmann, H. W. (1994). Evaluating instructional software: a review and critique of current methods. *ETR&D*, 42 (3), 63-69.
- Reisner, P. (1993). APT: a description of user interface inconsistency. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 215-236.
- Royer, J. M., Cisero, C. A. & Carlo, M. S. (1993). Techniques and procedures for assessing cognitive skills. *Review of Educational Research*, 63 (2), 201-243.
- Russell, D. M., Stefik, M. J., Pirolli, P. & Card, S. K. (1993). The cost structure of sensemaking. In *ACM '93*, 269-276.
- Russell, D. M., Burton, R. R., Jordan, D. S., Jensen, A. M. & Rogers, R. A. (1990). Creating instruction with IDE: tools for instructional designers. *Intelligent Tutoring Media*, 1 (1), 3-15.
- Ryder, J. M. & Redding, R. E. (1993). Interacting cognitive task analysis into instructional systems development. *ETR&D*, 41 (2), 75-96.
- Saga, H. Students' perceptions of media and teachers as related to the depth of their learning. *EMI*, 30(3), 158-167.
- Saroyan, A. (1993). Differences in expert practice: a case from formative evaluation. *Instructional Science*, 21, 451-472.
- Scandura, J. (1996). The role of instructional theory in authoring effective and efficient learning technologies. *Computers in Human Behavior*, 12(2), 313-328.
- Shabo, A. (1997). Integrating constructionism and instructionism in educational hypermedia programs. *Journal of Educational Computing Research*, 17(3), 231-24.
- Shrock, S. (1994). The media influence debate: read the fine print, but don't lose sight of the big picture. *ETR&D*, 42 (2), 49-53.
- Spector J. (1998). The role of epistemology in instructional design. *Instructional Science*, 26(3-4), 193-203.
- Squires, D. & McDougall, A. (1996). Software evaluation-a situated approach. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(3), 146-161.
- Stolovitch, H. & La Rocque, G. (1983). *Introduction a la technologie de l'instruction*. G. Morin (Ed.).
- Swigger, K. M. & Brazile, R. (1995). Evaluating group effectiveness through a computer-supported cooperative training environment. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 523-538.
- Tennyson, R. D. (1994). The big wrench vs. integrated approaches: the great media debate. *ETR&D*, 42 (3), 15-28.
- Tergan, S.O. (1998). Checklists for the evaluation of educational software critical review and prospects, *Innovations in Education & Training International*, 35(1), 9-20.
- Thomas, R. (1994). Durable, low-cost educational software. *Computers Education*, 22 (1), 65-72.
- Ullmer, E. J. (1994). Media and learning: are there two kinds of truth?, *ETR&D*, 42 (1), 21-32.
- Van Marcke, K. (1992). *Instructional Expertise in ITS '92 Proceedings*. C. Frasson (Ed.), 243-243.
- Weston, C., Lemaistre, C., McAlpine, L. & Bordonaro, T. (1997). The influence of participants in formative evaluation on the improvement of learning from written instructional materials. *Instructional Science*. 25(5), 369-386.
- Wilson, B. & Cole, P. A critical review of elaboration theory. *ETR&D*, 40 (3), 63-79.

## b11 Applications des systèmes explicatifs des contextes particuliers (problématique 20)

- Artman, L. & Cahan, S. (1993). Schooling and the development of transitive inference. *Developmental Psychology*, 29 (4), 753-758.
- Barron, A. (1998). Designing web-based training. *British Journal of Educational Technology*, 29(4), 355-370.
- Blakowski, G. & Steinbeck, W. (1994). Harmonization of an infrastructure for flexible distance learning in Europe with CTA. *IWACA '94*, 278-297.
- Branch, R. C. (1994). Common instructional design practices employed by secondary school teachers. *Educational Technology*, 3, 25-33.
- Cvetkovic, S. R., Seebold, R. J. A., Bateson, K. N. & Okretic, V. K. (1994). CAL programs developed in advanced programming environments for teaching electrical engineering. *IEEE Transactions on Education*, 37 (2), 221-227.
- Clegg, C. W. (1993). Social systems that marginalize the psychological and organizational aspects of information technology. *Behaviour & information technology*, 12 (5), 261-266.
- Copeland, W. & Birmingham, C. (1994). Making meaning in classroom: an investigation of cognitive processes in aspiring teachers, experienced teachers, and their peers. *Review of Educational Research*, 51 (1), 166-193.
- Derycke, A., Vieville, C. & Vilers, P. (1990). Cooperation and communication in open learning: the coconut project in Computers in Education. A. McDougall & C. Dowling (Eds.), *IFIP '90*, 957-962.
- Durell, B. (1990). Understanding classroom computers: student and teacher perspectives in Computers in Education. A. McDougall & C. Dowling (Eds.), *IFIP '90*, 757-761.
- Dysthe, O. (1996). The multivoiced classroom – interactions of writing and classroom discourse. *Written Communication*, 13(3), 385-425.
- Earle, R. S. (1994). Introduction to special issue: instructional design and the classroom teacher. *Educational Technology*, 3, 5-6.
- Farinetti, L. & Malnati, G. (1996). Remote tutoring: what we learned by a practical experience in educational telecommunications '96. P. Carlson and F. Makedon (Eds.), *AACE*, 97-102.
- Ference, P. R. & Vockell, E. L. (1994). Adult learning characteristics and effective software instruction. *Educational Technology*, 7/8, 24-31.
- Gorham, J. & Millette, D. (1997). A comparative analysis of teacher and student perceptions of sources of motivation and demotivation in college classes. *Communication Education*, 46(4), 245-261.
- Henri, F. (1992). Processus d'apprentissage à distance et téléconférence assisté par ordinateur: essai d'analyse. *Canadian Journal of Educational Communication*, 21 (1), 3-18.
- Harrington, H. L. (1993). The essence of technology and the education of teachers. *Journal of Teacher Education*, 44 (1), 5-14.
- Hiltz, S. R. (1993). Correlates of learning in a virtual classroom. *Int. J. Man-Machine Studies*, 39, 71-98.
- Hoel, T.L. (1997). Voices from the classroom, *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 5-16, 1997.
- Hopkins, R. L. (1990). *Narrative schooling - Experiential learning and the transformation of american education*. Columbia University: Teachers College Press.
- Hudson, B. (1997). Groupwork with multimedia in mathematics—the role of the technology and of the teacher. *British Journal of Educational Technology*, 28(4), 257-270.
- Jacono, B & Jacono, J. (1994). Holism – the teacher is the method. *Nurse Education Today*, 14(4), 287-291.
- Jamieson, P. & Martin, E. (1996). Understanding teaching in the video conferencing classroom in educational telecommunication '96. P. Carlson and F. Makedon (Eds), *AACE*, Boston, 143-148.
- Jones, M., Rua, M. & Carter, G. (1998). Science teachers conceptual growth within Vygotskys zone of proximal development. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 967-985.
- Klaassen, C. & Lijnse, P. (1996). Interpreting students and teachers discourse in science classes—an underestimated problem. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 115-134.
- Kyratzis, A. & Green, J. (1997). Jointly constructed narratives in classrooms—construction of friendship and community through language *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 17-37.
- Lemaire, B. (1996). Comparative analysis of teacher's discourse and students' behavior in traditional and distance lectures in educational telecommunications '96. P. Carlson & F. Makedon (Eds), *AACE*, Boston, 167-189.
- Lobodzinski, S. S. & Williams, J. R. (1996). Interactive satellite distance learning system in educational telecommunication. P. Carlson & F. Makedon (Eds.), *AACE*, Boston 185-190.
- Madinaveitia, J. M. Y., Minguell, M. E. & Ferres Font, J.. The computer as a tool for curriculum development in the classroom. *EMI*, 30 (3), 143-149.

- McCartan, A. & Hare, C. (1997). The interactive use of it in teaching and learning- an evaluation exercise using projective techniques. *Innovations in Education & Training International*, 34(4), 281-287.
- McDonough, D.; Strivens, J.; Rada, R., Current development and use of computer-based teaching at the university of Liverpool, *Computers Education*, 22 (4), 335-343, 1994.
- Moisan, A. (1993). Pratiques d'autoformation en entreprise. *Revue Française de Pédagogie*, 102, 23-33.
- Oliver, R. & Short, G. (1996). The western Australian telecentres network: enhancing equity and access to education in rural communities. *Educational Telecommunications '96*. P. Carlson and F. Makedon (eds), AACE, Boston, 238-243.
- Pusztaszeri, Y., Alou, M., Biersack, E. W.,; Dubois, P. & Gaspoz, J. (1994). Multimedia teletutoring over a trans-european ATM network in IWACA '94, 315-327.
- Paquette, G., Ricciardi-Rigault, C., Paquin, C., Liegeois, S. & Bleicher, E. (1996). Developing virtual campus environment in educational telecommunication. P. Carlson & F. Makedon (Eds), AACE, Boston, 244-251.
- Paquette, G., Bergeron, G. & Bourdeau, J. (1993). The virtual classroom revisited: an architecture for integrating information technology in dDistance education and training in *Proceedings of TELETEACHING*. G. Davies & B. Samways (Eds), Elsevier Science Publishers B.V., North Holland.
- Ponta, D., Scapolla, A. & Taini, M. (1996). Tematics for education: the design of a distributed computer-based collaborative learning system in *Educational Telecommunications '96*. P. Carlson & F. Makedon (Eds), AACE, Boston, 252-257.
- Rebelsky, S. A. (1996). Improving WWW- aided instruction. A report from experience in *Educational Telecommunications '96*. P. Carlson & F. Makedon (Eds), AACE, Boston, 276-280.
- Reiser, R. A. (1994). Examining the planning practices of teachers: reflections on three years of research. *Educational Technology*, 3, 11-16, 1994.
- Riel, M. (1992). Cooperative learning through telecommunications. *Sigcue Outlook*, 21 (3), 14-17.
- Riel, M. (1990). A model for integrating computer networking with classroom learning in *IFIP '90*. A. McDougall & C. Dowling (Eds), 1021-1026.
- Rowntree, D. (1995). Teaching and learning online –a correspondence education for the 21<sup>st</sup> century. *British Journal of Educational Technology*, 26(3), 205-215.
- Rogoff B. & Toma C. (1997). Shared thinking – community and institutional variations. *Discourse Processes*, 23(3), 471-497.
- Salomon G. (1998). Technology promises and dangers in a psychological and educational context. *Theory Into Practice*, 37(1), 4-10.
- Schofield, J. W., Eurich-Fulcer, R. E. & Britt, C. L. Teachers, computer tutors, and teaching: the artificially intelligent tutor as an agent for classroom change. *American Educational Research Journal*, 31 (3), 579-607.
- Sener, J. (1996). Incorporating asynchronous collaborative learning into an AS engineering degree program for home-based learners: challenges, strategies and tools, in *Educational Telecommunications '96*. P. Carlson & F. Makedon (Eds), AACE, Boston, 314-319.
- Thomas, P., Carswell, L., Price, B. & Petre, M. (1998). A holistic approach to supporting distance learning using the Internet – transformation, not translation. *British Journal of Educational Technology*, 29(2), 149-161.
- Tolmie A. & Barbieri S. (1997). Guest editorial – computer mediated communication in higher education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13(4), 207-209.
- Vantartwijk, J., Brekelmans, M. & Wubbels, T. (1998). Students perceptions of teacher interpersonal style – the front of the classroom as the teachers stage. *Teaching & Teacher Education*, 14(6), 607-617.
- Velayo, R. S. (1994). Supplementary classroom instruction via computer conferencing. *Educational Technology*, 5/6, 20-25.
- Wang, M. C. , Haertel, G. D. & Walberg, H. J. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of Educational Research*, 63 (3), 249-294.
- Watabe, K., Hamalainen, M. & Whinston, A. B.. An internet based collaborative distance learning system: Codiless. *Computers Education*, 24 (3), 141-155.
- Windschitl, M. & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change – the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*. 35(2), 145-160.
- Yerrick, R., Pedersen, J. & Arnason, J. (1998). Were just spectators – a case study of science teaching, epistemology, and classroom management. *Science & Education*, 82(6), 619-648.



## **b12 Le métabolisme global de l'explication, son observation et sa description (problématique 19)**

- Anderson, L. (1998). Models and the improvement of teaching and learning – an essay – review of models of learning tools for teaching. *Teaching & Teacher Education*, 14(3), 353-357.
- Andreewsky, E. (1991). *Systemique & Cognition*. Paris: Dunod.
- Antaki, C. (Ed.) (1988). *Analysing everyday explanation*. SAGE publications.
- Anthony, M. & Biggs, N. (1992). *Computational learning theory*. Cambridge University Press.
- Benneta, J. (1993). Semiotic modeling systems: the contribution of Thomas A. Sebeok. *Semiotica*, 96 (3), 269-283.
- Bernsen, N. O. (1994). Foundations of multimodal representations: a taxonomy of representational modalities. *Interacting with Computers*, 6 (4), 347-371.
- Bertalanffy, L. (1975). *Perspectives on general system theory: scientific-philosophical studies*. New York: G. Braziller.
- Biber, D. (1992). On the complexity of discourse complexity: a multidimensional analysis. *Discourse processes*, 15, 133-163.
- Boder, A. (1990). An epistemological approach to intelligent tutoring systems. *Intelligent Tutoring Media*, 1 (1), 23, 1990.
- Bredo, E. (1994). Reconstructing educational psychology: situated cognition and deweyian pragmatism. *Educational Psychologist*, 29 (1), 23-35.
- Cardinal, P. & Morin, A. (1995). De la microscopie à la macroscopie, un projet d'intégration de méthodes d'observations dans un monde complexe. *Théories et pratiques de recherche qualitative*. *Revue de l'Association pour la recherche qualitative*, 14, 37-50.
- Cardinal, P. & Morin, A. (1994). Une recherche - action intégrale systémique (RAIS) une des réponses à l'approche systémique. *Les actes du IXe colloque du CIPTE*, L. Sauvé (Ed.), 179-187.
- Cardinal, P & Morin, A. (1994). Towards a systems approach model of integral action research (SAMIAR). *New Systems Thinking and Action for a New Century*, International Society For The Systems Sciences 38<sup>th</sup> Conference Proceedings, Pacific Grove, Vol. I, 825-836.
- Case, R. (1993). Theories of learning and theories of development. *Educational Psychologist*, 28 (3), 219-233.
- Clancey, W. J. (1989). Situated cognition and intelligent tutoring systems in ICCAL '89, 31-37.
- Clancey, W. J. (1993). Notes on 'epistemology of a rule-based expert system'. *Artificial Intelligence*, 59, 197-204.
- Clark, H. H. (1992). Dogmas of understanding. *Discourse Processes*, 23(3), 567-598.
- Cook, T. & others (1992). *Meta-analysis for Explanation: a Case-book for caution*. New York: Russell Sage foundation.
- Dartigues, A. (1972). *Qu'est-ce que la phénoménologie?*. Toulouse: Edouard Privat éditeur.
- Dewey, J. (1947). *Expérience et éducation*. Paris: Flammarion. 947
- Dugal, M. (1993). *Modèle référentiel d'esthétique du média d'enseignement à partir de récits de vie*. Thèse de doctorat en technologie éducationnelle, Université de Montréal.
- Dyer, M. (1994). Quantum physics and consciousness, creativity, computers: a commentary on Goswami's quantum – based theory of consciousness and free will. *The journal of mind and behaviour*, 15 (3), 264-289.
- Doyle, W. (1997). Heard any really good stories lately - a critique of the critics of narrative in educational research. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 93-99.
- Durand, D. (1979). *La systemique*. Paris: Presses universitaires de France.
- Egan, K. (1993). Narrative and learning: a voyage of implication. *Linguistics and Education*, 5, 119-126.
- Eckel, K., *Instruction Language: Foundations of a Strict Science of Instruction*. NJ: Englewood Cliffs.
- Elbazluwisch, F. (1997). Narrative research– political issues and implications. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 75—83.
- Evet, M. P., Hendler, J. A. & Spector, L. (1994). Parallel knowledge representation on the connection machine. *Journal of Parallel And Distributed Computing*, 22, 168-183.
- Farnham-Diggory, S. (1994). Paradigms of knowledge and instruction. *Review of Educational Research*, 64(3), 463-477.
- Fenstermacher, G.D. (1997). On narrative. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 119-124.
- Fink, E. (1996). Dynamic social impact theory and the study of human communication. *Journal of Communication*, 46(4), 4-12.
- Fisher, B. A. (1972). *Perspectives on Human Communication*. New York: Macmillan Publishing Co.
- Fosnot, C. (1993). Rethinking science education: a defense of Piagetian constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (9), 1189-1201.
- Gagné, R. (1983). *The conditions of learning*. NY: Holt Rinehart & Winston.
- Gagné, R. (1987). *Instructional Technology :Foundations*. Hillsdale.

- Gaver, W. (1991). Technology affordances in ACM '9, 79-83.
- Gibson, E. (1969). Principles of perceptual learning and development. NY: Appleton-Century-Crofts.
- Gilbert, J.K., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, part1-horses for courses, part.2-whose voice-whose ears. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97 & 20(2), 187-203.
- Gisolfi, A. & Loia, V. (1994). Designing complex systems within distributed architectures: an intelligent tutoring systems perspective. *Applied Artificial Intelligence*, 8, 393-411.
- Halliday, M. A. (1993). Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and Education*, 5, 93-116.
- Harvey, L. (1994). Psychologie cognitive et technologie éducatives: de la connaissance à sa matérialisation. Les actes du colloque du CIPTE, J. Viens (Ed.), 27-38.
- Hickey, D. (1997). Motivation and contemporary socio-constructivist instructional perspectives. *Educational Psychologist*, 32(3), 175-193.
- Holsapple, C., Johnson L. & Waldron, V. (1996). A formal model for the study of communication support systems. *Human Communication Research*, 22(3), 422-447.
- Huguet P. & Latane B. (1996). Social representations as dynamic social impact. *Journal of Communication*, 46(4), 57-63.
- Kelly, G. & Crawford, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science & Education*, 81(5), 533-559.
- Le Moigne, J. L. (1984). La théorie du système général: théorie de la modélisation. Paris: Presses universitaires.
- Le Moigne, J. L. (1990). La modélisation des systèmes complexes. Paris: Dunod.
- Lesh, R. & Kelly, A. (1997). Teachers evolving conceptions of one-to-one tutoring- a three-tiered teaching experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(4), 398-430.
- Langer, E. J. (1993). A mindful education. *Educational Psychologist*, 28 (1), 43-50.
- Lapointe, J. (1991). Une méta-vision du processus de la technologie de l'éducation. Les actes du VIIe colloque du CIPTE, L. Sauvé (Ed.), 327-332.
- Larocque, G. (1988). Théories de la communication, théories de l'apprentissage. Les actes du sixième colloque du CIPTE, J. Lescop (Ed.), 167-177.
- Lebow, D. Constructivist values for instructional systems design: five principles toward a new mindset. *ETR&D*, 41 (3), 4-16.
- Lewis, M. D. (1994). Reconciling stage and specificity in neo-piagetian theory: self-organizing conceptual structures. *Human Development*, 37, 143-169.
- Linard, M. (1993). For a knowing subject in models of learning. *Communication & Cognition*, 26(3), 291-320.
- Marble, S. (1997). Narrative visions of schooling. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 55-64.
- May, J., Barnard, P. J. & Blandford, A. (1993). Using structural descriptions of interfaces to automate the modelling of user cognition. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3, 27-64.
- Milech, D., Waters, B., Noel, S., Roy, G. & Kirsner, K. (1993). Student modeling in hybrid training systems, *International Journal of Human Computer Interaction*, 5 (1), 23-40.
- Mcewan, H. & Egan, K. (1995). Narrative in teaching, learning and research. NY: Teachers College Press.
- Meehan, E. J. (1968). Explanation in Social Science a system Paradigm. Homewood, Illinois: The Dorsey Press.
- Morin, A. (1997). La recherche-action intégrale, lieu de modélisation d'approches méthodologiques complémentaires de recherche. *Recherches qualitatives*. ARQ, 16, 41-58.
- Morin, A. (1992). L'évolution de la recherche en technologie éducative, Les actes du VIIIe colloque du CIPTE, L. Sauvé (Ed.), 287-292.
- Morin, A. (1992). Recherche-action intégrale et participation coopérative. Vol 1. Méthodologie et études cas. Volume 2. Théorie et rédaction du rapport. Laval: Éditions Agence d'Arc.
- Morin, E. (1990). Introduction à la pensée complexe. Paris: ESF Éditeur.
- Natsoulas, T. (1994). Gibson's environment, Husserl's Lebenswelt, the world of physics, and the rejection of phenomenal objects. *American Journal of Psychology*, 107(3), 327-358.
- Nehemie, P. (1992). A systemic approach for student modeling in a multi-agent aided learning environment in ITS 1992, 475-481.
- Norris, S. & Kvernbekk, T. (1997). The application of science education theories. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 977-1005.
- Paterno, F. (1994). A theory of user-interaction objects. *Journal of Visual Languages and Computing*, 5, 227-249.
- Phillips, D.C. (1997). Telling the truth about stories. *Teaching & Teacher Education*, 13(1), 101-109.
- Pineau, G. & Jobert, G. (1989). Histoire de vie. Paris: L'Harmattan.
- Pineau, G. & Le Grand, J. L. (1993). Les histoires de vie. Paris: Presses universitaires de France. Que sais-je?
- Pienau, G. & M. M. (1983). Produire sa vie. Autoformation et autobiographie. Paris, Montréal: Saint-Martin.

- Prawat, R. & Floden, R. (1994). Philosophical perspectives on constructivist views of learning. *Educational Psychology*, 29 (1), 37-48 .
- Odobleja, S. (1982). *Psihologia Consonantista* (2 ed.), Bucuresti: ESE.
- Olssen, M. (1996). Radical constructivism and its failings-anti-realism and individualism. *British Journal of Educational Studies*, 44(3), 275-295.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. NY: International University Press.
- Ragusa, J. M. (1994). Models and applications of multimedia, hypermedia, and intellimedia integration with expert systems. *Expert Systems With Applications*, 7 (3), 407-426.
- Ranson, S. & Martin, J. (1996). Towards a theory of learning. *British Journal of Educational Studies*, 44(1), 9-26.
- Reschner, N. (1977). *Methodological pragmatism: a systems-theoretic approach to the theory of knowledge*. NY: New York University Press.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L. & PDP Research Group. *Parallel distributed processing*. Massachusetts: MIT Press.
- Sauvé, L. (1994). L'influence du béhaviorisme sur les pratiques de la technologie éducative. *Les actes du colloque du CIPTE*, J.Viens (Ed.), 13-24.
- Salomon, G. (1993). *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*. NY: Cambridge University Press.
- Scholer, M. (1991). À la recherche des fondements d'une profession de la technologie de l'éducation: problématique pour une étude épistémologique. *Les actes du VIIe colloque du CIPTE*, L. Sauvé (Ed.), 345-354.
- Sharpe, T., Hawkins, A. & Lounsbury, M. (1998). Using technology to study human interaction – practice and implications of a sequential behavior approach. *Quest*, 50(4), 389-401
- Shlechter, T. M. (1993). Computer-based instruction and the practical aspects of memory. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 653-664.
- Sholle, D. (1995). No respect – disciplinarity and media studies in communication – resisting disciplines- repositioning media studies in the university. *Communication Theory*, 5(2), 130-143.
- Shuell, T. J. (1993). Toward an integrated theory of teaching and learning. *Educational Psychology*, 28 (4), 291-311.
- Slick, S. (1997). Assessing versus assisting - the supervisors roles in the complex dynamics of the student teaching triad. *Teaching & Teacher Education*, 13(7), 713-726.
- Staver, J. (1998). Constructivism-sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 501-520.
- Stenning, K. & Gurr, C. (1997). Human-formalism interaction-studies in communication through formalism. *Interacting with Computers*, 9(2), 111-128.
- Streeter, T. (1995). No respect – disciplinarity and media studies in communication – introduction – for the study of communication and against the discipline of communication. *Communication Theory*, 5(2), 117-129.
- Suthers, D. (1988). *Providing multiple views of reasoning for explanation in ITS'88 Proceedings*. Montreal.
- Tait, K. (1997). Learning in humans and machines – towards an interdisciplinary learning science, *Computers & Education*, 29(4), 211.
- Taylor, J. C. (1994). *Novex analysis: a cognitive science approach to instructional design*. *Educational Technology*, 5/6, 5-13, 1994.
- Tergan, S. (1997). Conceptual and methodological shortcomings in hypertext/hypermedia design and research. *Journal of Educational Computing Research*, 16(3), 209-235.
- Tudge, J. R. H. & Winterhoff, P. A. (1993). Vygotsky, Piaget, and Bandura: perspectives on the social world and cognitive development. *Human Development*, 36, 61-81.
- Vazirgiannis, M. & Mourlas, C. (1993). An object-oriented model for interactive multimedia presentations. *Computer Journal*, 36 (1), 78-86.
- Van Veeren, J.L. & Cardinal, P. (1994). Les jeux sont faites. Départ d'une spirale de recherche –action dans un système ouvert d'enseignement de la musique au niveau collégial. *Les actes du IXe colloque du CIPTE*, L. Sauvé (Ed.), 253-263.
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. NY: Wiley.
- Wegerif, R. (1996). Collaborative learning and directive software. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(1), 22-32.
- Wells, G. (1993). Reevaluating the IRF sequence: a proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education*, 5, 1-37.
- Winn, W. (1991). Ébauche d'un cadre théorique propre à la technologie éducative. *Les actes du VIIe colloque du CIPTE*, L.Sauvé (Ed.), 17-28.
- Wolf, P. Toward a computational model of tutoring. *ETR&D*, 40 (4), 49-64.
- Worboys, M. (1994). A unified model for spatial and temporal information. *Computer Journal*, 37 (1), 26-33.
- Zadeh, L. A. (1969). *System theory*. N.Y., Toronto: McGraw-Hill.