

**Etude des mouvements oculaires comme outil pédagogique en imagerie médicale : résultats
et défis méthodologiques**

par George Rakovich

Faculté des sciences de l'éducation, Faculté de médecine.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de maîtrise ès arts (M.A.),
Programme de pédagogie universitaire des sciences médicales (2-814-1-0).

Février 2019

©, George Rakovich, 2019

Résumé

Titre :

Etude des mouvements oculaires comme outil pédagogique en imagerie médicale : résultats et défis méthodologiques

Auteurs: George Rakovich, Stéphane Carignan, François Marquis, Serge Dubé, avec la participation d'une équipe de psychologie de l'Université de Montréal.

Contexte :

Les modalités de formation en imagerie médicale ne se fondent pas sur des stratégies pédagogiques adaptées. Or certaines études suggèrent qu'on pourrait utiliser les mouvements oculaires pour enseigner une stratégie de recherche visuelle experte et systématique.

Objectif:

Mesurer les effets d'enseigner la stratégie de recherche visuelle d'un radiologiste aux étudiants de médecine.

Matériel et méthodes :

Un logiciel pédagogique a été conçu à partir des trajectoires de balayage visuel d'un radiologiste. Suivant un devis randomisé, les étudiants formés avec ce logiciel ont été comparés à un groupe contrôle à partir de l'observation de 20 radiographies pulmonaires.

Résultats :

Quatre séries de données de chaque groupe étaient disponibles pour analyse. Le taux d'exactitude diagnostique était de 61,25% +/- 6,29% et de 63,75% +/-14,3% pour les groupes expérimental et contrôle, respectivement (test t, $p=0,38$; $\alpha 0,05$). Les valeurs des vecteurs de Damerau-Levenshtein (mesures des mouvements oculaires) étaient de 99,13 +/- 4,26 et de 97,43 +/- 3,01 pour les groupes expérimental et contrôle, respectivement (test t, $p=0,0022$; $\alpha 0,05$).

Discussion et conclusion :

L'exactitude diagnostique était faible et comparable. Ce résultat peut être dû à un manque de puissance de l'étude due au petit nombre de participants, un logiciel inefficace, ou une utilisation sous-optimale du logiciel due à un temps de formation insuffisant. Le groupe expérimental avait aussi une stratégie de recherche visuelle moins systématique (valeur supérieure du vecteur de Damerau-Levenshtein). Ces résultats exigent une réévaluation de notre compréhension de l'expertise en imagerie médicale. Cependant la faible participation et l'absence de données supplémentaires sur les mouvements oculaires en raison de problèmes méthodologiques limitent les tentatives d'interprétation.

MOTS CLÉS : Oculométrie, imagerie médicale, radiologie, pédagogie médicale, recrutement, attrition, collaboration.

Abstract

Title:

A study of eye movements as a training tool in medical image interpretation: results and methodological challenges

Authors: George Rakovich, Stéphane Carignan, François Marquis, Serge Dubé, with the participation of a psychology team of the Université de Montréal.

Context:

Training methods in medical image interpretation are not founded on adapted pedagogical strategies. Some studies suggest that eye movements can be used to teach an expert and systematic visual search strategy to novices.

Objective:

To measure the effects of teaching a radiologist's visual search strategy to medical students.

Materials and methods:

A pedagogical software program was designed using a radiologist's visual scanning path. Using a randomized experimental design, students trained with this software were compared to a control group on the basis of the observation of 20 lung X-rays.

Results:

Four series of data from each group were available for analysis. Mean diagnostic accuracy rates were 61.5% +/- 6.29% and 63.75% +/-14.3% for the experimental and control groups, respectively (t test, $p=0.38$; $\alpha 0.05$). Mean values for the Damerau-Levenshtein vectors (a measure of eye movements) were 99.13 +/- 4.26 and 97.43 +/- 3.01 for the experimental and control groups, respectively (t test, $p=0.0022$; $\alpha 0.05$).

Discussion and conclusion:

Diagnostic accuracy rates were low and comparable. This may be due to a lack of power of the study, an ineffective software program, or suboptimal use of software due to insufficient training time. The experimental group also had a less systematic visual search strategy (a higher value of the Damerau-Levenshtein vector). These results require a reevaluation of our understanding of the radiologist's expertise. However, low participation rates and the lack of other eye movement data because of methodological issues limit any further interpretation.

KEY WORDS:

Eyetracking, medical imaging, radiology, medical education, recruitment, attrition, collaboration.

Table des matières

Liste des tableaux	vii
Documents spéciaux.....	ix
Lexique.....	x
Remerciements	xi
Avant-propos	xii
Partie 1. Une évaluation des mouvements oculaires de l’expert comme outil de formation en imagerie médicale.	1
Introduction	2
1. Premier chapitre : contexte.....	3
1.1. Enseignement actuel de l’imagerie médicale en médecine	3
1.2. Fondements théoriques de l’oculométrie.	4
1.2.1 Vision et mouvements oculaires : généralités	4
1.2.2 Contrôle des mouvements oculaires.....	7
1.2.3 Mouvements oculaires et niveau d’expertise	9
1.3. Expertise en imagerie médicale.....	10
1.3.1 Modèle théorique de l’expertise en imagerie médicale.....	10
1.3.2 Erreurs diagnostiques	14
1.4. Stratégies pédagogiques en imagerie médicale	15
1.4.1 Stratégies pédagogiques issues de l’oculométrie	15
1.4.2 Stratégie pédagogique retenue	18
2. Deuxième chapitre : méthodologie	21
2.1. Question et objectif de recherche	21
2.1.1 Question de recherche	21
2.1.2 Objectif.....	21
2.1.3 Hypothèses de recherche	21
2.2. Matériel et méthodes	21
2.2.1 Conception de la méthode pédagogique.....	21
2.2.2 Plan expérimental.....	26
2.2.3 Recueil des données	29

2.3. Autres considérations	31
2.3.1 Ethique	31
2.3.2 Calendrier	31
2.3.3 Budget	32
3. Troisième chapitre : présentation et discussion des résultats	33
3.1. Présentation des résultats	33
3.2. Discussion des résultats.....	35
Conclusions de la première partie	36
Partie 2. Défis méthodologiques suscités par une étude en pédagogie médicale.....	37
4. Quatrième chapitre : difficultés de recrutement et de rétention des participants	38
4.1. <i>Challenges in medical education research: participant recruitment and retention</i>	39
4.2. Commentaire	54
4.2.1 Impact du milieu d’enseignement	54
4.2.2 Population ciblée	54
4.2.3 Motivation	55
4.2.4 Techniques de recrutement et communication.....	57
4.2.5 Choix du modèle expérimental	58
4.2.6 Conclusion sur les problématiques de recrutement et de rétention de participants.	59
5. Cinquième chapitre : défis de la recherche interdisciplinaire	61
5.1. <i>Challenges in medical education research: cross-disciplinary research</i>	62
5.2. Commentaire	78
5.2.1 Problématiques individuelles et cultures institutionnelles	78
5.2.2 Application de modèles théoriques du travail inter-disciplinaire en recherche	79
5.2.3 Fonctionnement en équipe	80
5.2.4 Réflexions sur les problématiques vécues.....	80
Conclusions finales	83
Sources documentaires	86
Annexes.....	i
Annexe 1. Laboratoire d’oculométrie.	ii
Annexe 2. Fiche technique de l’appareil oculométrique.....	iii
Annexe 3. Reproduction de la stratégie de recherche visuelle de l’expert.	iv

Annexe 4. Fenêtres représentatives du site web/logiciel pédagogique. v
Annexe 5. Formulaire de consentement.....vi

Liste des tableaux

Tableau I : récapitulation des principaux mouvements oculaires	7
Tableau II : mouvements oculaires chez l'expert.....	10
Tableau III : résumé des sources d'erreur diagnostique en imagerie médicale	15
Tableau IV : stratégies pédagogiques adaptées à l'enseignement de la radiologie.....	18
Tableau V : détails du budget.....	32
Tableau VI : exactitude diagnostique.....	34
Tableau VII : stratégies de recherche visuelle	34
Table VIII: considerations in participant recruitment	43
Table IX: effective recruitment strategies.....	46
Table X: participant recruitment and retention: role of the research team.....	52
Table XI: participant recruitment and retention: institutional role	53
Table XII: caution to the researcher	53
Tableau XIII : moyens qui auraient pu stimuler la motivation des étudiants	57
Tableau XIV : réflexions personnelles sur le recrutement à la lumière de notre expérience.....	60
Table XV : factors affecting cross-disciplinary research	65
Table XVI : eight team roles	71
Table XVII : the cross-disciplinary research team's ingredients for succes	75
Table XVIII : role of the institution in cross-disciplinary research	76
Tableau XIX: une liste de vérification du chercheur	84

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique de la lecture d'une radiographie des poumons évaluée par oculométrie.....	4
Figure 2 : Représentation schématique des mouvements oculaires évalués par oculométrie	6
Figure 3 : modèle « global-focal » de l'expertise du radiologiste.....	11
Figure 4 : représentation vectorielle d'une stratégie de recherche visuelle systématique.....	13
Figure 5 : représentation vectorielle d'une stratégie de recherche visuelle aléatoire.....	13
Figure 6 : stratégie de recherche visuelle de l'expert dans la vérification de microcircuits	17
Figure 7 : plan expérimental.....	28
Figure 8 : calendrier	31
Figure 9 : Sommaire du déroulement de l'étude	33

Documents spéciaux

Logiciel pédagogique (lien internet). 24
Laboratoire d'oculométrie (lien internet). 29

Lexique

Cathéter veineux central : ligne intraveineuse dont l'extrémité se situe à proximité du cœur.

Epanchement pleural et hémothorax : liquide (épanchement) ou sang (hémothorax)

s'accumulant dans la cavité thoracique, pouvant occasionner un collapsus du poumon.

Imagerie médicale : images de différentes parties du corps humain obtenues par différentes techniques. L'imagerie médicale inclut ce qu'on nomme communément « rayons X ».

Pathologie : terme médical utilisé pour désigner une maladie.

Pathophysiologie : ensemble des perturbations biologiques qui caractérisent une maladie.

Pneumomédiastin : air s'accumulant dans la région centrale du thorax, entre les deux poumons, pouvant signaler une rupture de l'oesophage.

Pneumopéritoine : air s'accumulant dans la cavité abdominale, suggérant la rupture d'un viscère creux du système digestif (intestin).

Pneumothorax : air qui s'infiltré dans la cavité thoracique, pouvant occasionner un collapsus du poumon.

Radiographie pulmonaire : examen d'imagerie médicale qui reproduit une image des poumons obtenue à l'aide de rayons X.

Radiologie : branche de la médecine spécialisée dans l'interprétation d'examens d'imagerie médicale.

Radiologiste : spécialiste de la radiologie.

Résident : médecin diplômé en cours de formation postgraduée en vue de l'obtention d'un permis de pratique en médecine générale ou spécialisée.

Séméiologie : ensemble des signes (trouvailles à l'examen physique) et symptômes (malaises ressentis par le patient) qui caractérisent une maladie.

TNG : tube nasogastrique; tube inséré par la narine jusque dans l'estomac soit pour décompresser ce dernier ou donner une voie d'accès pour l'alimentation par gavage.

Tube endotrachéal : tube inséré dans la trachée, servant à assurer la respiration.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Guillaume Châtelain, Isabelle Geoffroy, Paul Hudon, Michel Dahan, et Stéphane Loiseau envers lesquels il demeure endetté pour leur amitié et leur appui désintéressé à travers les années.

L'auteur réserve un remerciement particulier au Dr. Serge Dubé pour avoir cru en ce projet.

Avant-propos

Le présent travail comporte deux parties. La première partie décrit l'étude d'une application pédagogique novatrice de l'oculométrie (science des mouvements oculaires) dans la formation des étudiants de médecine en imagerie médicale. L'oculométrie étant une ramification hautement spécialisée de la perception visuelle avec laquelle le lecteur en pédagogie ou en médecine n'est pas nécessairement familier, nous avons jugé pertinent de consacrer toute une partie à certaines notions fondamentales nécessaires à la compréhension du bien fondé du projet de recherche et de la conception et de l'utilisation de l'outil pédagogique conçu pour sa réalisation.

La deuxième partie traite spécifiquement de difficultés d'ordre méthodologique que nous avons eues et qui ont sévèrement limité la collecte de données, et par conséquent les possibilités de parvenir à une conclusion valable. Il s'agit de difficultés de recrutement et de rétention des participants, ainsi que de difficultés de collaboration entre différentes unités académiques. Ces questions ont fait l'objet d'une revue de littérature et de deux articles qui ont été soumis pour publication. Ces deux articles sont inclus dans la discussion et accompagnés de commentaires qui en relient le contenu au projet actuel.

Partie 1. Une évaluation des mouvements oculaires de l'expert comme outil de formation en imagerie médicale

Introduction

Les étudiants finissants le programme de doctorat en médecine (M.D.) ont des lacunes importantes en termes de leur compétence à interpréter des examens d'imagerie médicale[1-3], ce qui les rend insécures lorsqu'ils arrivent en pratique autonome[2-4]. En clinique, l'interprétation définitive d'un examen d'imagerie est confiée au médecin spécialiste en radiologie. Par contre, un médecin non-radiologiste, qu'il soit omnipraticien ou spécialiste, peut être appelé à lire et à interpréter certains examens d'imagerie avant d'avoir accès à un radiologiste, particulièrement lorsqu'il s'agit d'une situation d'urgence. De telles situations sont particulièrement susceptibles de se présenter en soins de première ligne, en salle d'urgence, ou à l'unité des soins intensifs, par exemple, où la radiographie pulmonaire est l'examen d'imagerie le plus souvent requis[5]. Dans une unité d'urgence très occupée, la plupart des radiographies sont dans les faits interprétées par les urgentologues[6]. L'interprétation de la radiographie pulmonaire représente donc une compétence fondamentale pour tout médecin, ce qui motive une revue de la formation dans ce domaine et l'exploration de nouvelles méthodes pédagogiques afin de suggérer des améliorations au système actuel.

Nous verrons dans le texte qui suit que les modalités actuelles de formation en radiologie ne sont pas standardisées, n'ont pas de fondement théorique clairement établi, et semblent d'une efficacité limitée. Suite à nos réflexions sur ces différentes problématiques, nous avons admis comme principe de départ que l'interprétation d'une radiographie pulmonaire représente d'abord et avant tout un exercice d'observation visuelle. En conséquence, nous avons établi que l'analyse de la radiologie comme compétence et la conception de tout outil pédagogique qui soit adapté à son enseignement doit se fonder sur les sciences de la vision. Nous avons donc réuni une équipe pluridisciplinaire composée d'experts en radiologie, de pédagogues médicaux, et d'experts en sciences de la vision. Nos réflexions collectives se sont arrêtées sur l'oculométrie, ramification hautement spécialisée des sciences de la vision et qui étudie les mouvements oculaires, pour nous fournir un cadre théorique et les outils nécessaires pour développer et évaluer un logiciel de formation novateur en lecture de la radiographie pulmonaire.

1. Premier chapitre : contexte

1.1. Enseignement actuel de l'imagerie médicale en médecine

Pendant le programme de doctorat en médecine, l'apprentissage de l'imagerie médicale est généralement intégré aux différents stages hospitaliers et ne bénéficie pas d'un enseignement structuré[7, 8]; cet apprentissage est donc très informel et dépend des aléas de l'exposition clinique[8]. Plusieurs études ont montré que cette forme d'enseignement n'est pas efficace[8-10]. Certains programmes offrent des stages dédiés en imagerie médicale, une forme d'enseignement qui semble un peu plus efficace; par contre les moyens pédagogiques rapportés sont multiples, non standardisés, et sont rarement décrits d'une façon qui permette d'en interpréter les résultats ou de les reproduire[9, 11]. Par ailleurs les modalités d'évaluation sont souvent inadéquates ou n'évaluent pas des compétences qui soient transposables à la réalité clinique : on rapporte fréquemment des questionnaires de satisfaction étudiante ou encore leurs scores à des tests rudimentaires de mémorisation anatomique[9, 11, 12].

Il apparaît donc que les différentes formes d'enseignement couramment utilisées dans le système actuel ne se fondent pas sur des principes pédagogiques adaptés nécessaires à un apprentissage de qualité de l'imagerie médicale. Quels seraient donc ces principes? Afin de tenter de dégager des pistes de réponse, nous avons choisi comme point de départ la prémisse suivant laquelle l'interprétation d'une image médicale consiste d'abord et avant tout en un exercice de perception visuelle. Par ailleurs, l'expérience collective des auteurs en tant qu'enseignants à l'école de médecine leur a suggéré que les étudiants posent souvent un mauvais diagnostic pour avoir omis de regarder au bon endroit. Tout en admettant que c'est une observation quelque peu réductionniste, il s'agit à tout le moins d'une piste initiale de réflexion.

Or l'oculométrie est une ramification hautement spécialisée de l'étude de la vision qui étudie précisément le lien entre les mouvements oculaires, le déplacement du regard, et la perception. Elle se fie sur un dispositif qui permet de suivre le regard et de le reproduire très exactement sur l'image ou la surface observée, de façon à définir très précisément la « trajectoire de balayage

visuelle » de l'observateur (Appendice 1; voir aussi « Laboratoire d'oculométrie¹ »). Une revue de la littérature a permis d'identifier un corpus limité de travaux ayant appliqué cette technologie à l'imagerie médicale. La figure 1 (p. 4) illustre l'évaluation oculométrique de l'observation d'une radiographie pulmonaire. On y remarque que l'observateur a omis de regarder une partie de l'image et par conséquent a raté un diagnostic de cancer du poumon (voir flèche rouge dans la figure 1, p. 4). L'oculométrie nous semblait donc une manière intéressante de considérer l'expertise du radiologiste et l'enseignement de l'imagerie médicale aux étudiants.

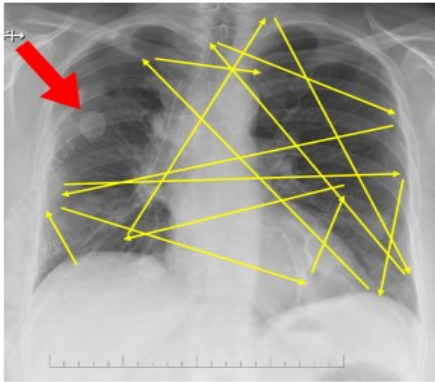


Figure 1: Représentation schématique de la lecture d'une radiographie des poumons évaluée par oculométrie. L'observateur a omis de regarder une partie de l'image et n'a pas aperçu un cancer du poumon (flèche rouge).

1.2. Fondements théoriques de l'oculométrie

1.2.1 Vision et mouvements oculaires : généralités

Une discussion approfondie de la physiologie et de la psychologie de la perception visuelle est disponible dans des manuels spécialisés et dépasse le cadre du présent travail. Cependant, avant

¹ Voir <https://www.dropbox.com/sh/jg3v223w35miges/AADy0b9Wlpl7UFLIAvE8riYQa?dl=0>

d'aller plus loin quelques définitions de base s'imposent. Les concepts décrits ci-dessous sont illustrés dans la figure 2, p. 6.

L'image

Une **image** est un objet qui est observé. La(les) **zone(s) d'intérêt** de l'image correspond(ent) aux zones de l'image qui ont été fixées par les yeux de façon à converger sur la fovea de l'oeil.

L'œil : rétine et fovea

La **rétine** est la partie de l'œil au niveau de laquelle une image est captée et encodée, et cette information est ensuite acheminée au cerveau. La **fovea** est la partie centrale de la rétine sur laquelle converge l'image. C'est la **fovea** qui contient la plus grande densité de photorécepteurs et qui permet ainsi de capter les détails de la **zone d'intérêt** d'une **image**; la densité de photorécepteurs diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la **fovea** et la captation d'une image est donc moins nette en périphérie du champ visuel. Le champ visuel utile correspond à un arc de 5 degrés à 38cm de distance (environ la largeur du pouce avec le bras étendu)[13].

Les mouvements oculaires

Le terme général « mouvements oculaires » regroupe en fait plusieurs concepts qui sont résumés ci-dessous et récapitulés dans le tableau 1, p. 7.

La trajectoire de balayage visuel : fixations et saccades

Les **fixations** sont les points sur lesquels le regard s'arrête[14]. Les **saccades** sont le déplacement linéaire des yeux entre les points de **fixation**[14]. La **trajectoire de balayage visuel** correspond à une série de **fixations** et de **longues saccades**[14]. Les **longues saccades** sont des mouvements binoculaires linéaires rapides (500 degrés/sec, qui durent de 20-100 msec), et qui se répètent environ 2-4x par seconde[14].

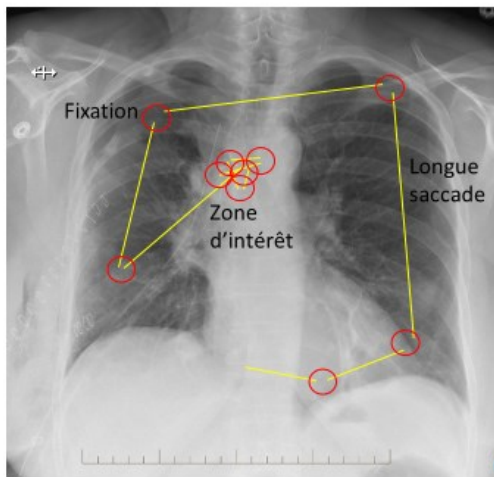
Le « **mouvement de dérivation** » (i.e. « *drift* ») correspond à une sorte de flottement aléatoire rapide du regard lors de chaque **fixation**[14]. Il permet de maintenir les récepteurs de la rétine en état d'activation et assurer l'encodage des formes, des textures, de la localisation et du mouvement[14].

Micro saccades

Les **micro saccades** sont des mouvements linéaires très courts et extrêmement rapides qui déplacent le regard sur une distance de moins de 2 degrés[14]. Les micro saccades servent probablement à balayer l'image avec la **fovea**[14].

Le temps de maintien (« *dwell time* »)

Lorsqu'on **fixe** une zone d'une image, l'œil n'est pas immobile; il y a en fait des **fixations** multiples à l'intérieur de cette zone (à cause des **micro saccades** et du « **mouvement de dérivation** ») qui se traduisent en **temps de maintien** (*dwell time*) sur la **zone d'intérêt**[15].



L'ensemble du tracé représente la trajectoire de balayage visuel.

La zone d'intérêt comprend des microsaccades et des mouvements de dérivation (trop fins pour être représentés).

Figure 2 : Représentation schématique des mouvements oculaires évalués par oculométrie.

Résumé

En résumé les **saccades (longues et micro)** déplacent la **zone d'intérêt** de l'image sur la **fovea**, zone la plus sensible de la rétine, et le **mouvement de dérivation (« drift »)** permet d'encoder l'information visuelle lors de chaque **fixation**[14] (tableau I, p. 7). L'ensemble des mouvements oculaires qui ont lieu pendant l'observation d'une image se nomme **trajectoire de balayage visuel**.

*La **stratégie de recherche visuelle** est la trajectoire de balayage visuel entendue comme l'exercice délibéré d'un individu qui observe une image dans un but particulier; par exemple, le radiologiste qui observe une radiographie dans le but de poser un diagnostic.*

Tableau I : récapitulation des principaux mouvements oculaires

Type de mouvement	Description	Fonction
Trajectoire de balayage visuel	L'ensemble des mouvements oculaires qui ont lieu pendant l'observation d'une image.	Recueillir les informations visuelles d'une image.
Fixation	Point sur lequel le regard s'arrête (les endroits correspondants de l'image se nomment zones d'intérêt).	Assure une convergence sur la fovea .
Longues saccades	Mouvements binoculaires linéaires rapides.	Déplacent le regard entre les zones d'intérêt de l'image.
« Mouvement de dérivation »	« flottement » aléatoire du regard lors de chaque fixation .	Maintient les récepteurs de la rétine en état d'activation.
Micro saccades	Mouvements linéaires très courts et rapides.	Balayent l'image avec la fovea .

1.2.2 Contrôle des mouvements oculaires

Le contrôle des mouvements oculaires est complexe et mal compris. Tout d'abord, les mouvements oculaires sont sensibles aux informations visuelles[16]. Il existe des logiciels capables de générer des cartes topographiques mettant en relief les éléments visuels saillants

d'une image en fonction desquels ils peuvent prédire les **trajectoires de balayage visuel**[17]. On pense que les traits fins de haute résolution sont perçus (i.e. détectés consciemment) et associés à de **longues saccades** conscientes (l'observateur dirige son *attention*) et volontaires (de façon *intentionnelle*)[18-20]. Dans une certaine mesure, les mouvements oculaires peuvent donc renseigner sur les éléments d'une image vers lesquels l'observateur dirige son attention et qu'il juge importants.

Par contre, les traits grossiers de basse résolution et certaines propriétés globales de l'image comme la disposition spatiale ou la texture peuvent influencer directement sur le cerveau et déclencher de **longues saccades** de façon inconsciente et involontaire[18-20].

Les mouvements oculaires seraient donc aussi capables de guider le regard vers une cible en répondant directement à un large éventail de stimuli, particulièrement des stimuli de basse résolution captés par la périphérie de la rétine, sans exiger que ces informations soient traitées au préalable de façon consciente[18]. Une première conséquence de ce phénomène est un gain appréciable en termes de temps d'exécution et explique la constatation typique que l'expert fixe une cible très rapidement quand il observe une image[18-20]. Une deuxième conséquence est que l'observateur n'est pas nécessairement conscient des facteurs qui guident son regard[15]; cette constatation nous oblige à repenser le modèle d'enseignement traditionnel de l'imagerie médicale suivant lequel l'expert verbalise au novice sa technique d'observation.

Les attentes cognitives semblent également moduler les mouvements oculaires et la probabilité de percevoir des anomalies (par exemple, les informations cliniques et la prévalence d'une anomalie auraient une influence sur les mouvements oculaires du radiologiste) mais la nature et l'ampleur de ces effets n'est pas claire[16, 18, 21]. D'autres facteurs, incluant des informations proprioceptives (i.e. informations directement disponibles au cerveau quant à la position de l'œil) transmises par les muscles oculaires et d'autres circuits méconnus du système nerveux central entreraient aussi en ligne de compte et seraient capables d'influencer les mouvements oculaires[18].

En résumé, le contenu visuel d'une image guide les mouvements oculaires qui sont continuellement réajustés par des circuits neuronaux conscients et inconscients, modulés en fonction de l'attention, des jugements perceptuels, et des attentes cognitives de l'observateur[14, 18].

1.2.3 Mouvements oculaires et niveau d'expertise

Les radiologistes sont des experts hautement exacts et efficaces. Les experts sont capables d'extraire et de manipuler une grande quantité d'information visuelle à partir de peu de fixations et en peu de temps[15, 16, 19, 22]. Les experts sont souvent capables d'extraire les éléments clés d'une radiographie littéralement au premier coup d'oeil[23], en moins de 200ms, alors que la seule présence d'une anomalie est pressentie *avant* même de pouvoir consciemment l'identifier ou la localiser[19]. Ce phénomène est probablement attribuable à une voie de signalisation neuronale non-sélective qui extrait l'information visuelle globale à partir des régions parafovéolaires et périphériques de la rétine et qui agit de façon inconsciente et particulièrement rapide[5, 19]. Les experts sont aussi capables d'encoder des patterns visuels complexes qu'ils traitent comme des unités d'information individuelles[19, 23], ce qui en diminue la charge cognitive[16, 22] et augmente l'efficacité du traitement de l'information[16, 22]. Finalement, l'information visuelle, clinique, et diagnostique est organisée en scripts qui peuvent être manipulés dans la mémoire vive comme unités d'information individuelles[15, 22]. Ces processus permettent de moduler de façon très efficace la stratégie de recherche et l'interprétation des informations visuelles.

Les études oculométriques ont permis de définir plusieurs paramètres qui distinguent les experts des novices. Au fur et à mesure que le degré d'expertise augmente, il y a une économie progressive des mouvements oculaires et une diminution du nombre de fixations. Le temps total d'examen diminue mais la proportion du temps alloué aux zones anormales ou pertinentes au diagnostic (zones d'intérêt) augmente et les anomalies sont localisées rapidement[19, 21, 23, 24], alors que le temps alloué aux régions sans intérêt est négligeable[23]. Il est possible de faire des analyses vectorielles des mouvements oculaires qui permettent d'attribuer une valeur numérique à une trajectoire de balayage visuel. Cette valeur unique peut ensuite être facilement comparée

entre observateurs et entre images. La méthode la plus répandue est celle décrite par **Damerau et Levenshtein**[25]. Ce concept sera discuté davantage plus loin dans le texte.

Le tableau II (p. 10) résume les mesures oculométriques qui caractérisent l'expert.

Tableau II : mouvements oculaires chez l'expert[15, 19, 22, 23]

Paramètre	Mesure associées à l'expertise
Temps total du balayage visuel.	Court.
Temps de maintien.	Relativement long, consacré aux zones d'intérêt pertinentes.
Temps de maintien sur des régions non-pertinentes.	Court/négligeable.
Longues saccades.	Très longues, rapides.
Nombre de fixations.	Moins.
Délai ad fixation de la région cliniquement pertinente.	Court.
Analyse vectorielle des mouvements oculaires (vecteur de Damerau-Levenshtein*).	Une valeur numérique inférieure indique une stratégie plus systématique.

*Source : Damerau et Levenshtein (p. 14).

1.3. Expertise en imagerie médicale

1.3.1 **Modèle théorique de l'expertise en imagerie médicale**

L'interprétation d'une radiographie est un exercice complexe, alors que l'observateur doit distinguer entre des structures normales qui sont souvent hétérogènes et ambiguës, et des anomalies qui peuvent être plus ou moins subtiles[15]. Parmi plusieurs modèles d'expertise en imagerie médicale qui reposent sur une analyse des mouvements oculaires, celui de Kundel et Nodine est le plus fréquemment cité[6, 16, 24, 26-29]. Ces auteurs ont conceptualisé l'observation d'une image en trois composantes soit 1) une stratégie de recherche visuelle, 2)

l'identification d'une anomalie et 3) une interprétation de la nature de cette anomalie[6, 16, 24, 26-28, 30].

Suivant ce modèle « global-focal » (figure 3, p. 11), l'observation débute par une exploration visuelle **globale** qui permet de détecter des zones ou des régions anormales de l'image (« **global fixations** »). La détection d'une cible anormale entraîne un ajustement **focal** des mouvements oculaires dans le but de confirmer ou d'infirmer sa présence (« **checking fixations** »). Rappelons que les études d'oculométrie suggèrent que l'expert utilise d'abord une voie de signalisation neuronale non-sélective qui extrait des informations globales à partir des régions périphériques du champ visuel, et ensuite une voie sélective qui repose sur la vision fovéolaire et qui sert à confirmer la présence d'une cible. L'identification d'une cible déclenche une analyse cognitive qui intègre les informations visuelles et éventuellement les informations cliniques, dans le but d'émettre un jugement sur la nature de la ou des cibles détectées. Cette troisième phase est associée à l'accroissement du **temps de maintien** sur les **zones d'intérêt** caractéristique des experts[5, 29]. Ce processus est continuellement modulé par les a priori de l'observateur (c'est-à-dire les suspicions diagnostiques) et par toute nouvelle trouvaille en cours d'observation[16]. C'est un processus continu qui n'est pas nécessairement linéaire et dont les éléments sont en interrelation constante.

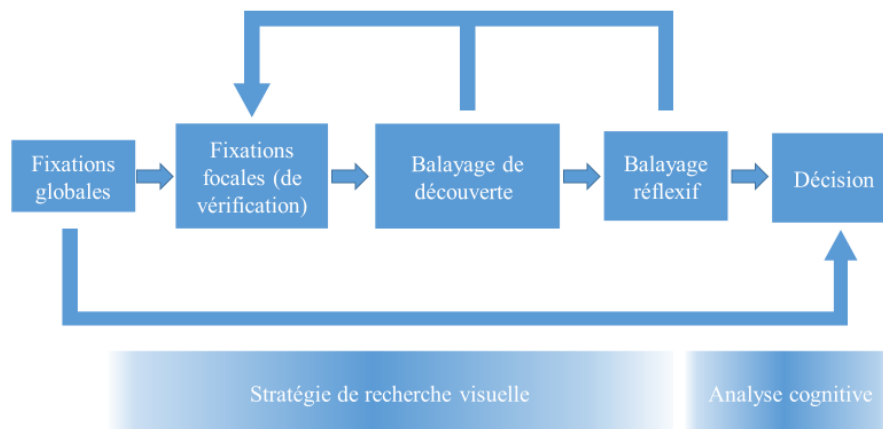


Figure 3 : modèle « global-focal » de l'expertise du radiologiste. Source : Kundel et Nodine (p. 10).

Alors que la plupart des cibles sont identifiées rapidement[19], environ le tiers ne sont pas initialement perçues et exigent un système de guidage alternatif, probablement une stratégie de recherche visuelle délibérée et systématique[19], que Kundel et Nodine entendent comme « balayage de découverte » (*discovery scanning*) et « balayage réflexif » (*reflective scanning*). Chaque nouvelle découverte entraîne à son tour une nouvelle « fixation de vérification » (« *checking fixation* ») et une nouvelle analyse cognitive.

A partir de leur modèle et en utilisant des analyses oculométriques, Kundel et Nodine ont décrit trois catégories de stratégie de recherche visuelle : 1) une stratégie systématique, 2) une stratégie aléatoire, et 3) une stratégie mixte[6, 24, 29]. Une stratégie de recherche visuelle systématique se traduit par une observation organisée, complète (c'est-à-dire qui couvre toute l'image), et sans redondance (c'est-à-dire qui ne revient pas de façon répétée sur les mêmes régions de l'image), alors qu'une stratégie aléatoire se traduit par une observation désorganisée, incomplète et redondante. Une stratégie mixte combine certains éléments des deux. Quoiqu'il soit important de reconnaître que les radiologistes peuvent avoir des patterns de perception et de cognition différents et n'arrivent pas nécessairement au même diagnostic de la même manière[29], ils tendent vers une stratégie de recherche visuelle plus systématique et plus reproductible d'image en image[6]. Le vecteur de Damerau-Levenshtein[25] dont il a été question dans la section « Mouvements oculaires et niveau d'expertise » est une façon mathématique de caractériser la nature systématique ou non d'une trajectoire de balayage visuel (voir figures 4 et 5, p. 13).

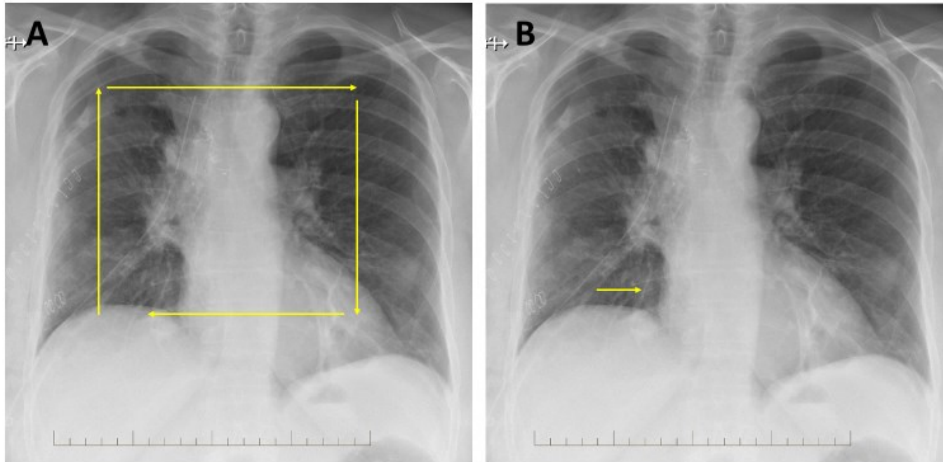


Figure 4 : représentation vectorielle d'une stratégie de recherche visuelle systématique.
La figure 4B illustre conceptuellement le vecteur de Damerau-Levenshtein obtenu avec la stratégie de recherche visuelle en 4A. Source : Damerau-Levenshtein (p. 14).

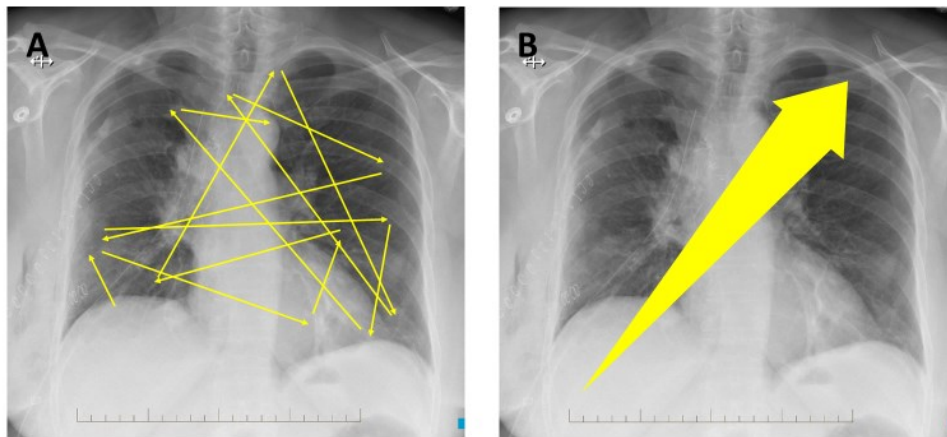


Figure 5 : représentation vectorielle d'une stratégie de recherche visuelle aléatoire.
La figure 5B illustre conceptuellement le vecteur de Damerau-Levenshtein obtenu avec la stratégie de recherche visuelle en 5A. Source : Damerau-Levenshtein (p. 14).

L'objectif des figures 4 et 5 n'est pas la rigueur géométrique mais plutôt d'aider le lecteur à comprendre de façon visuelle le concept derrière le vecteur de Damerau-Levenshtein. Plus les caractéristiques de la stratégie de recherche visuelle sont systématiques, plus la valeur du vecteur de Damerau-Levenshtein est petite. Inversement, plus la stratégie a des caractéristiques aléatoires, plus la valeur du vecteur est élevée. L'utilité de cette méthode est qu'elle permet de caractériser une stratégie de recherche visuelle avec une seule valeur numérique; on peut alors facilement comparer des individus ou des groupes de façon quantitative.

1.3.2 Erreurs diagnostiques

Les erreurs diagnostiques en imagerie médicale ne sont pas rares, même pour des radiologistes. Elles varient entre observateurs, entre modalités d'imagerie, et entre anomalies[31]. A titre d'exemple, le taux d'erreur est estimé à 1,5% dans la salle d'urgence dans une étude[6] mais peut s'élever jusqu'à 30% pour la mammographie de dépistage du cancer du sein[13].

Le modèle de Kundel et Nodine est utile pour conceptualiser trois catégories d'erreurs, même si l'on admet qu'elles sont probablement interdépendantes : les erreurs dans la **stratégie de recherche visuelle (balayage visuel)** (i.e. l'anomalie n'a pas été incluse dans le balayage visuel et donc n'a pas été regardée), dans la **détection** d'anomalies (l'anomalie a été incluse dans le balayage visuel mais n'a pas été détectée), et dans l'**interprétation** quant à la nature d'une anomalie (l'anomalie a été détectée mais sa nature a été mal classifiée ou mal reconnue)[24, 29]. Les novices semblent particulièrement sensibles aux reliefs visuels qui peuvent agir soit comme distracteurs si le relief est marqué ou encore résulter en cibles manquées si le relief est en deçà d'un seuil minimal[5, 16, 17]. De leur côté, les experts sont moins sensibles aux distracteurs visuels mais peuvent être induits en erreur par des informations cliniques comme par exemple la rareté, qui peut diminuer la sensibilité diagnostique[17, 21].

Quoique leur part relative soit débattue, la plupart des erreurs seraient dues à un problème de détection et d'interprétation et pas nécessairement à une déficience de la stratégie de recherche visuelle proprement dite[5, 13, 24, 29]. La part d'erreur attribuable à la stratégie de recherche visuelle est généralement estimée à environ 30%, quoiqu'elle s'élèverait à 50% selon certains

auteurs[5, 24]. La mesure dans laquelle ces proportions pourraient varier entre novices et experts n'est pas connue[13, 32]. Dans la mesure où l'objectif de cette réflexion est d'essayer de dégager une stratégie pédagogique, il est important de noter qu'on pense que la stratégie de recherche visuelle s'acquiert tôt dans le cheminement de novice à expert[28], ce qui en ferait un objectif pédagogique particulièrement adapté aux étudiants de médecine.

Le tableau III (p. 15) résume les sources d'erreur en imagerie médicale.

Tableau III : résumé des sources d'erreur diagnostique en imagerie médicale[13, 24, 29]

Phase de l'interprétation de l'image	Rôle dans l'erreur diagnostique
Balayage visuel	Variable
Détection	Variable
Interprétation	Majeur

Source : Kundel et Nodin (p.14).

1.4. Stratégies pédagogiques en imagerie médicale

1.4.1 **Stratégies pédagogiques issues de l'oculométrie**

Sur la base de ces fondements théoriques, peut-on dégager des stratégies pédagogiques mieux adaptées à l'enseignement de l'imagerie médicale que l'enseignement théorique, l'exposition clinique, et la discussion de cas, dont le rendement est insuffisant[7-11]? Les paragraphes qui suivent exposent des stratégies que nous avons considérées.

Répétition. L'observation d'un gros volume d'images est nécessaire à la progression vers l'expertise. Au-delà de 500 images, les novices soutenus par un enseignement théorique et pratique (mais sans enseignement particulier des stratégies de recherche visuelle) commencent à développer spontanément des patterns de mouvements oculaires qui rappellent l'expert[15, 19, 32].

Amorçage (“*priming*”). Le principe de l’amorçage consiste à précéder chaque nouvelle image “I” d’une image-amorce “A”; l’objectif de l’image-amorce “A” étant d’améliorer la performance dans l’interprétation de l’image “I”. Il existe au moins trois formes d’amorçage : une première forme consiste à présenter une image sans aucune cible pendant une fraction de seconde (par exemple, un rayon X pulmonaire normal; dans ce cas, le rayon X normal est l’amorce), suivie immédiatement d’une image qui contient une cible (dans ce cas un rayon X pulmonaire comportant une anomalie dont on vise à améliorer l’identification). Une deuxième forme d’amorçage consiste à présenter les images par ordre croissant de difficulté; dans ce cas chacune des images est une amorce aux images suivantes. Une troisième forme consiste à inclure dans une série d’images des exemples simples/frappants/typiques, qui apparaissent avant des images plus complexes. Ces techniques ont démontré un certain bénéfice dans l’amélioration de l’exactitude diagnostique, possiblement en faisant ressortir les caractéristiques visuelles clés des lésions par rapport au « bruit de fond », mais les résultats sont inconstants[5, 19, 33]. Quoique l’amorçage n’ait pas de lien direct avec la discussion préalable sur les mouvements oculaires, il semble représenter une stratégie pédagogique qui pourrait éventuellement être intégrée à un outil informatique qui utilise l’oculométrie.

Rétroaction. La rétroaction peut être raffinée en utilisant des informations sur les mouvements oculaires. Par exemple, une étude a documenté des temps de maintien prolongés sur les régions signalées comme faux négatifs. Dans cette étude, un délai de trois secondes représentait un seuil au-delà duquel tous les signalements négatifs étaient faux. Un système sophistiqué de rétroaction automatisée attirant l’attention de l’observateur vers des zones sur lesquelles son regard s’est attardé (représentant potentiellement des cibles manquées) pourrait être utilisé autant comme aide au diagnostic que comme stratégie pédagogique[29, 32].

Enseignement d’une stratégie de recherche visuelle. Finalement il semblerait qu’il soit possible d’enseigner explicitement des stratégies de recherche visuelle expertes à des novices. Nous avons répertorié une seule étude en imagerie médicale où cette méthode a été évaluée mais il s’agit d’une étude limitée où les bénéfices de cette forme d’enseignement sur la performance diagnostique étaient impossibles à isoler des effets du volume de cas et d’autres

stratégies pédagogiques utilisées simultanément[5]. A notre connaissance il n'y a eu aucune autre étude sur une application pédagogique de l'oculométrie en imagerie médicale. Les stratégies de recherche visuelle ont également été étudiées en industrie, et plus particulièrement en sécurité aérienne[34-36]. De façon importante, il a été démontré dans ces études qu'une stratégie de recherche systématique et efficace peut être enseignée avec succès[34-37]. Ces études ont utilisé des dispositifs de mesure oculométrique pour enregistrer les trajectoires de balayage visuel d'experts. Ces stratégies ont pu ensuite être reproduites sous format graphique et enseignées avec succès à des novices en utilisant un outil informatique. L'acquisition d'une stratégie de recherche systématique s'est ensuite traduite par une exactitude accrue dans un exercice de perception visuelle[34-37]. Ces résultats ont été reproduits autant pour des tâches relativement simples comme l'inspection de cartes de microcircuits que pour des tâches complexes et d'importance critique comme l'examen des soutes de cargaison des avions de ligne à la recherche de défauts de structure qui pourraient affecter l'intégrité de l'appareil[36, 38] (figure 6, p. 17).

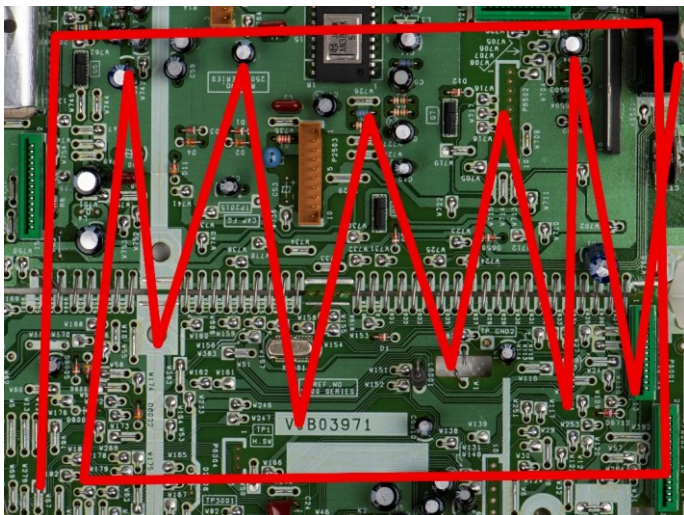


Figure 6 : stratégie de recherche visuelle de l'expert dans la vérification de microcircuits. (conception schématique de l'auteur basée sur la recension des écrits[34-37]).

Il est pertinent de relever des parallèles entre l'imagerie médicale et l'inspection en aviation[34-36]. Dans un cas comme dans l'autre l'exactitude est primordiale, puisque toute erreur peut avoir

des conséquences graves; les deux reposent sur une composante humaine qui est essentielle à la qualité du résultat final; l'inspection est une tâche complexe qui repose sur la perception visuelle et la prise de décision; et l'entraînement repose actuellement en grande partie sur une formation sur le terrain. Quoique les parallèles ne soient pas nécessairement sans faille, ils apparaissent suffisamment étroits pour raisonnablement conclure à des principes directeurs similaires, et suggèrent que les résultats obtenus en aviation soient potentiellement transposables à l'imagerie médicale.

Le tableau IV (p. 18) résume les stratégies pédagogiques adaptées à l'enseignement de la radiologie qui ont été considérées.

Tableau IV : stratégies pédagogiques adaptées à l'enseignement de la radiologie[5, 15, 19, 23, 33]

Répétition
Amorçage (" <i>priming</i> ") <ul style="list-style-type: none"> • Visualisation préalable de l'image « normale » correspondante, ordre croissant de difficulté, exemples frappants ou typiques.
Rétroaction utilisant les mouvements oculaires.
Apprentissage de la stratégie de recherche visuelle de l'expert.

1.4.2 Stratégie pédagogique retenue

Quoiqu'une mauvaise stratégie de recherche ne soit pas responsable de la majorité des erreurs, il s'agit d'une cible idéale pour une intervention pédagogique dans le cadre de notre étude pour deux raisons : 1) dans l'apprentissage de la radiologie, la stratégie de recherche semble être la première composante d'un exercice de perception visuelle à être développée, alors qu'il semble que la composante cognitive est plus complexe et se développe tardivement[28]; la stratégie de recherche semble donc bien adaptée à la population visée par l'étude, soit les étudiants en médecine au niveau pré gradué; 2) Les études préalables sur la stratégie de recherche visuelle

semblent établir un cadre théorique suffisant pour le développement et l'évaluation d'une intervention pédagogique.

A l'Université de Montréal, l'enseignement de l'imagerie médicale au niveau des stages cliniques (3^e et 4^e année du programme de doctorat en médecine) s'effectue par une combinaison d'intégration aux stages cliniques et d'un stage de radiologie dédié de deux semaines, et souffre des mêmes limitations qui ont déjà été discutées. En proposant un enseignement de la stratégie de recherche visuelle experte, nous entrevoyons les avantages potentiels suivants :

1. Cette forme d'enseignement cible les étudiants en médecine de 3^e et 4^e année :

L'enseignement d'une stratégie de recherche systématique vise un élément fondamental qui différencie le novice de l'expert. En cours de formation, la stratégie de recherche visuelle s'acquiert plus tôt que la capacité d'interprétation[28]. Nous jugeons donc que cette compétence est relativement spécifique aux étudiants de médecine de 3^e et 4^e année, s'inscrivant dans le modèle suivant d'acquisition des compétences :

Pré-clinique (1e et 2e année)	Prégradué (3e et 4e année)	Résident novice	Expert
Connaissances Pathophysiologie	Identification Repères Sémiologie	Développement de l'interprétation	Décision Corrélation clinique

2. Cette forme d'enseignement est efficace : dans un contexte où la charge de travail des étudiants est déjà élevée, cet aspect apparaît primordial. Dans la littérature provenant de l'industrie, des améliorations de la détection d'anomalies de l'ordre de 10-20% ont été obtenues suite à un entraînement de courte durée[34-37].
3. Cette forme d'enseignement a le potentiel d'être intégrée aux stages cliniques existants : l'apprentissage sur le terrain repose sur un volume de cas suffisant et une rétroaction

optimale. Par contre, il est reconnu que l'exposition n'est pas uniforme et que la rétroaction est souvent absente, incomplète, ou inopportune[39]. Il apparaît donc important que les étudiants soient outillés adéquatement à priori afin de pouvoir aborder de façon efficace les radiographies pulmonaires auxquelles ils seront exposés en cours de stage et exploiter au maximum les occasions d'apprentissage qu'elles représentent.

Par ailleurs, l'examen d'imagerie médicale retenu pour cette étude était la radiographie pulmonaire. Tel que mentionné en introduction, la radiographie pulmonaire est l'examen d'imagerie médicale le plus fréquent et permet le diagnostic de plusieurs conditions qu'il est nécessaire de reconnaître dans un contexte d'urgence.

Il est à noter que l'enseignement d'une stratégie de recherche tel que proposé n'est nullement exclusif, et pourrait en théorie s'incorporer dans un outil intégral exploitant plusieurs méthodes pédagogiques[39]. Un outil pédagogique idéal devrait éventuellement chercher à exploiter de façon complémentaire différents aspects de la perception visuelle et de la cognition, et pouvoir être adapté à différents types d'examens radiologiques, à différentes anomalies, et à différents niveaux de formation.

2. Deuxième chapitre : méthodologie

2.1. Question et objectif de recherche

2.1.1 Question de recherche

Quels sont les effets d'enseigner aux étudiants de médecine une stratégie de recherche visuelle systématique dans le but d'augmenter leur exactitude dans l'identification de conditions urgentes sur la radiographie pulmonaire?

2.1.2 Objectif

Mesurer les effets de l'enseignement d'une stratégie de recherche visuelle experte aux étudiants en médecine sur leur stratégie de recherche visuelle et leur exactitude dans l'identification de conditions urgentes sur la radiographie pulmonaire.

2.1.3 Hypothèses de recherche

- 1) L'enseignement d'une stratégie de recherche systématique améliore l'exactitude des étudiants de médecine de 3^e et 4^e année dans l'identification d'anomalies urgentes sur la radiographie pulmonaire.
- 2) Une stratégie de recherche structurée et systématique de la radiographie pulmonaire peut être enseignée avec succès aux étudiants de médecine de 3^e et 4^e année en utilisant une nouvelle méthode pédagogique intégrée à un stage clinique.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1 Conception de la méthode pédagogique

Répondre de façon satisfaisante à la question de recherche a exigé la collaboration d'une équipe d'experts en perception visuelle et en oculométrie. Nous nous sommes donc adjoint la

participation d'une équipe de chercheurs du département de psychologie de l'Université de Montréal. Cette équipe allait nous aider dans la conception et la mise en pratique de la méthode pédagogique et effectuer toutes les mesures oculométriques dans son laboratoire. Elle allait aussi être responsable de l'extraction des données et collaborer à leur analyse.

Stratégie de recherche de l'expert

La première étape dans la conception de la méthode pédagogique a été de déterminer la stratégie de recherche de l'expert, qui allait ensuite être enseignée aux étudiants. Cette méthode visait à reproduire le processus qui a été utilisé dans l'industrie dans le but d'enseigner une stratégie de recherche visuelle d'expert à des novices et ainsi améliorer leur performance[34-37]. Cette façon de faire a été abordée en entendant que :

- 1) Il n'y a pas nécessairement une seule stratégie de recherche valable, et différents experts peuvent utiliser différentes stratégies avec un taux de succès similaire.
- 2) Il s'agit néanmoins d'un point de départ important pour un novice qui autrement ne dispose d'aucun cadre de référence.

La stratégie de recherche visuelle d'un radiologiste thoracique expert a été déterminée par oculométrie (Appendice 2); cet enregistrement s'est déroulé en deux séances d'une demi-journée au cours desquelles le radiologiste a eu à lire une série de radiographies pulmonaires qui ont été choisies pour leur représentativité de scénarios urgents susceptibles d'être rencontrés dans un contexte clinique réel et leur nature bien circonscrite afin d'en faire ressortir les éléments clés tout en minimisant les éléments confondants. Cinq anomalies répondant à ces critères ont été retenues permettant de monter une banque d'images de 7 à 15 radiographies pour chacune des anomalies suivantes :

- Pneumothorax.
- Epanchement pleural et hémithorax.
- Pneumopéritoine.

- Pneumomédiastin.
- Mauvais positionnement de tubes/cathéters (tube endotrachéal, TNG/tube de gavage, cathéter veineux central).

Des clichés représentatifs, de bonne qualité, et bien circonscrits de « pneumopéritoine », « pneumomédiastin », et « mauvais positionnement de cathéters » sont particulièrement difficile à procurer ; ces pathologies sont souvent associées à d'autres trouvailles et anomalies radiologiques qui peuvent confondre leur apparence et rendre l'interprétation difficile, particulièrement par des novices; ceci explique le nombre plus petit de radiographies pour certaines catégories.

Par contre un examen sommaire de ces enregistrements a démontré des trouvailles inattendues: il y avait des différences marquées entre les stratégies de recherche visuelle d'une radiographie à l'autre, et ce, indépendamment de l'anomalie; en d'autres mots, des radiographies très similaires (qu'elles soient normales ou anormales) déclenchaient de la part du radiologiste des stratégies de recherche visuelle très différentes. Les différences étaient suffisamment marquées pour ne pas exiger de confirmation par des analyses vectorielles complexes. Il ne semblait pas possible d'expliquer ces différences par des différences de technique radiologique, de position, ou de gabarit de patient.

Ces trouvailles sont venues brouiller notre hypothèse de travail selon laquelle l'expert utilise une stratégie de recherche visuelle systématique et reproductible, et donc nous ont posé d'entrée de jeu un problème méthodologique majeur, puisqu'il devenait dès lors impossible d'enseigner aux étudiants une seule stratégie de recherche visuelle « idéale » que nous nous attendions à trouver. Les solutions suivantes ont été envisagées :

- 1) Ne pas utiliser les enregistrements ; plutôt, établir par consensus puis reproduire graphiquement une stratégie de recherche systématique qui puisse être enseignée aux étudiants.

- 2) A partir des enregistrements, établir et utiliser une trajectoire visuelle « moyenne » (calculée de façon mathématique/vectorielle) ou « représentative » (établie par consensus d'experts) pour une radiographie normale et pour chaque catégorie d'anomalie.
- 3) Utiliser les enregistrements bruts, c'est-à-dire utiliser chaque stratégie de recherche visuelle individuelle telle qu'enregistrée, avec sa radiographie correspondante.

Après concertation, les auteurs ont rejeté les solutions 1 et 2, qui étaient difficiles à concilier avec les fondements théoriques de l'oculométrie qui ont été exposés. L'oculométrie tire précisément sa force du fait qu'elle décrit des événements qui ne sont pas nécessairement intuitifs. Nous avons donc retenu la solution 3 comme la seule qui établisse un rapport direct entre la stratégie de recherche visuelle réelle du radiologiste et la composition visuelle de l'image qui lui est associée.

Enseignement de la stratégie de recherche : conception du logiciel pédagogique

A partir des enregistrements oculométriques du radiologiste, et en collaboration avec le département de psychologie de l'Université de Montréal, nous avons conçu un logiciel pédagogique qui représente chaque radiographie avec la stratégie de recherche visuelle correspondante du radiologiste.

La stratégie de recherche visuelle a été reproduite de façon dynamique sous la forme d'un curseur qui se déplace sur l'image en retraçant de façon exacte les mouvements oculaires de l'expert (Appendice 3; voir aussi « Logiciel pédagogique¹ »). Il a été démontré que cette méthode est plus efficace que d'exposer la trajectoire de balayage visuel dans sa totalité sur un seul cliché, de façon statique[34-37, 39]. Il a été rendu possible de contrôler l'apparition et le masquage du tracé en cliquant sur la souris. Les mouvements oculaires réels du radiologiste se produisant de façon très rapide, la vitesse du curseur a dû être ralentie considérablement de manière à permettre que ce dernier puisse être suivi du regard par les étudiants, et donner suffisamment de temps pour une visualisation adéquate de l'image mais sans être trop lente pour

¹ <https://www.dropbox.com/sh/b3t0mbpxbkycsuf/AAA5y-ORIOo6GeRCCi3ZX-sEa?dl=0>

rendre le regard sujet aux distractions et aux déviations. Cet ajustement s'est fait par essai et erreur et une durée ajustée de six minutes par radiographie a été retenue. Une possibilité de « pauser » le curseur a été ajoutée de façon à permettre plus de liberté dans la navigation des radiographies. Les radiographies étaient groupées par anomalie et chaque groupe de radiographies était accessible en cliquant sur un onglet dédié. Les étudiants étaient donc au courant de chacun des diagnostics à l'avance, avec le but explicite de mettre l'emphasis sur la démarche d'observation et de reconnaissance des caractéristiques visuelles de l'image associées à un diagnostic.

Au terme de l'élaboration du logiciel, nous avons fait les constatations suivantes :

- 1) Les stratégies de recherche visuelle étaient plutôt complexes, multiples, et globalement peu intuitives.
- 2) Le suivi du curseur nécessitait une attention soutenue et il restait à voir à quel point cela permettrait aux étudiants d'être attentifs aux détails de l'image radiologique en même temps.

Accès au logiciel

Une fois enregistrés, les participants pouvaient accéder au logiciel par internet via un site web dédié, et ce en tout temps pour toute la durée de l'étude, en utilisant un identifiant et un mot de passe individuel. Un accès sécurisé avait pour but de minimiser les risques de contamination entre étudiants du groupe expérimental et du groupe contrôle (Appendice 4).

Les participants du groupe expérimental avaient accès aux radiographies et aux stratégies de recherche visuelles du radiologiste; ils devaient observer chacune des radiographies en suivant le curseur. Le groupe contrôle avait accès aux mêmes radiographies, mais pas à la stratégie de recherche visuelle; ils étaient libres de naviguer à leur guise à travers les radiographies.

Le site web avait la capacité d'enregistrer les données d'utilisation individuelles automatiquement mais les collaborateurs en psychologie n'ont pas été en mesure d'extraire ces données avant leur désistement de l'étude (vide infra). Ces données auraient pu être utiles pour

suivre la participation des étudiants, acheminer des courriels de relance automatiques, et éventuellement analyser les résultats finaux en fonction des temps et des patterns d'utilisation. Toujours est-il qu'un courriel de rappel a été envoyé à tous les participants à mi-parcours. Chaque participant était ensuite convoqué à une séance de mesures oculométriques au terme de la période d'étude.

2.2.2 Plan expérimental

Recrutement des participants

Les participants ont été recrutés sur une base volontaire parmi les 89 étudiants de 3^e et 4^e année du programme de doctorat en médecine effectuant leur stage d'externat de deux mois en médecine interne (47) et en chirurgie (42) dans un des cinq milieux affiliés à l'Université de Montréal à la dernière période de l'année académique. Les stages de médecine interne et de chirurgie ont été retenus puisqu'il a été jugé que la radiographie pulmonaire est particulièrement pertinente à la formation dans ces deux spécialités. La durée de deux mois correspond à une durée de stage clinique standard et excède la durée des stages de radiologie dédiés que la littérature rapporte comme étant « efficaces »[9, 11]. Par ailleurs, nous avons estimé que le temps alloué serait suffisant pour exploiter le logiciel pédagogique au maximum. Avec l'approbation de leurs directeurs de stage respectifs, les étudiants éligibles ont été rencontrés par visioconférence au jour 1 par le chercheur principal (G.R.) à partir de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont, où la réunion avait lieu en personne. Les questions étaient encouragées, mais il y en a eu peu, que ce soit sur place ou encore par courriel dans les jours qui ont suivi. Les quelques questions posées portaient sur des détails techniques relatifs à l'accès au site web, et sur les préoccupations des étudiants quant à l'impact potentiel des exigences de l'étude sur leur horaire, leurs examens de fin de stage, et le début de leurs vacances au terme du stage.

Randomisation

Le site web a été mis en ligne trois jours avant le début de la période d'étude. Un lien internet envoyé dans un courriel d'invitation au jour 1 de l'étude dirigeait les étudiants vers un formulaire de consentement; une fois les termes de l'étude acceptés à l'aide d'un clic sur l'onglet approprié,

l'étudiant pouvait alors s'enregistrer à l'aide d'un identifiant et d'un mot de passe. Dès lors, le chercheur principal était en mesure d'effectuer la randomisation, ce qui débloquent l'accès au logiciel. Tous les participants ont été randomisés dans les 24h suivant leur inscription. La randomisation s'est faite par tirage à pile ou face.

Le rythme d'inscription étant plutôt lent, nous avons effectué plusieurs relances par courriel avant d'atteindre la cible de recrutement (n=34) au terme du premier mois de stage. Autrement, la période d'expérimentation s'est déroulée sans problème technique majeur; un contact étroit entre le chercheur principal (G.R.), le support informatique du département de psychologie et les étudiants a permis de rapidement résoudre quelques bogues isolés bloquant l'accès au site et l'accès aux radiographies.

Variables

Variables indépendantes

Variable indépendante primaire :

- Apprentissage à partir de la stratégie de recherche visuelle du radiologiste.

Variable indépendante secondaire :

- Temps et pattern d'utilisation du logiciel pédagogique.

Variables dépendantes

Variables dépendantes primaires :

- Exactitude (pourcentage d'anomalies urgentes correctement identifiées sur une série de 20 radiographies) dans la lecture d'une radiographie pulmonaire.
- Stratégie de recherche visuelle définie selon la méthode vectorielle de Damerau-Levenshtein.

Variables dépendantes secondaires :

1. Le pourcentage de couverture de l'image radiologique par le balayage visuel.
2. Le nombre de fixations oculaires.
3. La durée moyenne des fixations oculaires.

Variables confondantes :

- Age.
- Sexe.
- Stages préalables dédiés à la radiologie (oui ou non).

Résumé du plan expérimental

Le plan expérimental est résumé dans la figure 7, p. 28.

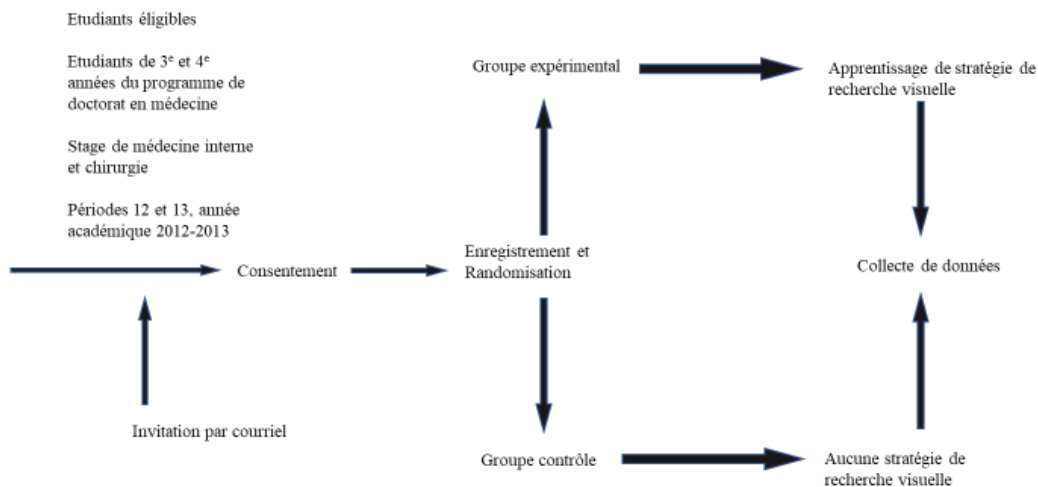


Figure 7 : plan expérimental.

2.2.3 Recueil des données

Une relance courriel a été effectuée l'avant-dernière semaine de stage en prévision de la séance d'enregistrements oculométriques au cours de laquelle nous avons évalué 1) l'exactitude diagnostique et 2) les mouvements oculaires des étudiants à partir d'une nouvelle série de 20 radiographies, au cours d'une séance de 30 minutes ayant lieu au laboratoire d'oculométrie du département de psychologie de l'Université de Montréal. Suite aux demandes des étudiants, plusieurs plages horaires supplémentaires ont été ouvertes et les étudiants ont été invités à s'y inscrire via un « sondage doodle ® » sur une base de premier arrivé, premier servi. De plus, un court vidéo explicatif a été créé et mis en ligne (voir « Laboratoire d'oculométrie¹ »), afin de démystifier la procédure d'évaluation oculométrique. Cette séance a été préparée par nos collaborateurs au département de psychologie et supervisée par deux assistants de recherche familiers avec la technique. L'équipement d'oculométrie n'étant pas transposable, ce déplacement obligé des étudiants était incontournable.

Données

Exactitude diagnostique : la série de 20 radiographies comportait 16 radiographies normales et un exemple de chacune des anomalies suivantes :

- Pneumothorax
- Epanchement pleural et hémithorax
- Pneumopéritoine
- Pneumomédiastin

Les participants ont consigné leur impression diagnostique pour chacune des radiographies dans un questionnaire papier qui leur était fourni. Les taux de réponses exactes ont été notés et une moyenne calculée pour chacun des deux groupes.

¹ <https://www.dropbox.com/sh/jg3v223w35miges/AADy0b9WIpl7UFLIAvE8riYQa?dl=0>

Stratégie de recherche visuelle : les mouvements oculaires ont été enregistrés pour chaque participant évalué et pour chaque radiographie. Une analyse vectorielle des trajectoires de balayage visuel a permis de calculer un vecteur de Damerau-Levenshtein pour chaque individu et une valeur moyenne pour chacun des deux groupes. Le pourcentage de couverture de l'image radiologique par le balayage visuel, le nombre de fixations oculaires, et la durée moyenne des fixations oculaires n'ont pu être récupérés à cause du désistement de l'équipe de psychologie (vide infra).

Nous avons estimé que 17 participants par groupe seraient nécessaires pour détecter une différence de précision diagnostique de 20% entre les deux groupes avec une puissance de 80% (niveau d'erreur alpha de 5%). Ces estimations concordent avec les études publiées en provenance du milieu de l'industrie qui ont identifié des améliorations de l'exactitude dans la détection d'anomalies de l'ordre de 10-20% après un entraînement reposant sur les mêmes principes. Typiquement, l'observation d'une radiographie pulmonaire exige une série complexe de fixations oculaires; après consultation avec nos collaborateurs en psychologie, il a été déterminé que trois radiographies par participant seraient suffisantes pour obtenir une puissance de 80% et un niveau d'erreur alpha de 5% pour les vecteurs de Damerau-Levenshtein et les autres paramètres oculométriques qui avaient été projetés. Un total de 20 radiographies devait donc suffire à la collecte de données.

Etude pilote

Une étude pilote auprès d'un nombre restreint de volontaires permettant de valider la méthodologie, les estimations de taille d'échantillon, et le bon fonctionnement du site web, avait initialement été projetée. Cette idée a été abandonnée en raison de considérations logistiques relatives à la disponibilité des chercheurs, à la disponibilité des installations du laboratoire, et aux échéanciers.

2.3. Autres considérations

2.3.1 Ethique

Le projet a été approuvé par le Comité d’Ethique Plurifacultaire de l’Université de Montréal (N° du certificat éthique : CPER-11-120-D). Le formulaire de consentement est inclus en Appendice 5. Trois certificats cadeaux de 100,00\$ à la Librairie Médicale et Scientifique tirés au sort parmi les étudiants ayant complété l’étude ont été prévus.

2.3.2 Calendrier

Le calendrier général du projet est résumé dans la figure 8, p. 31.

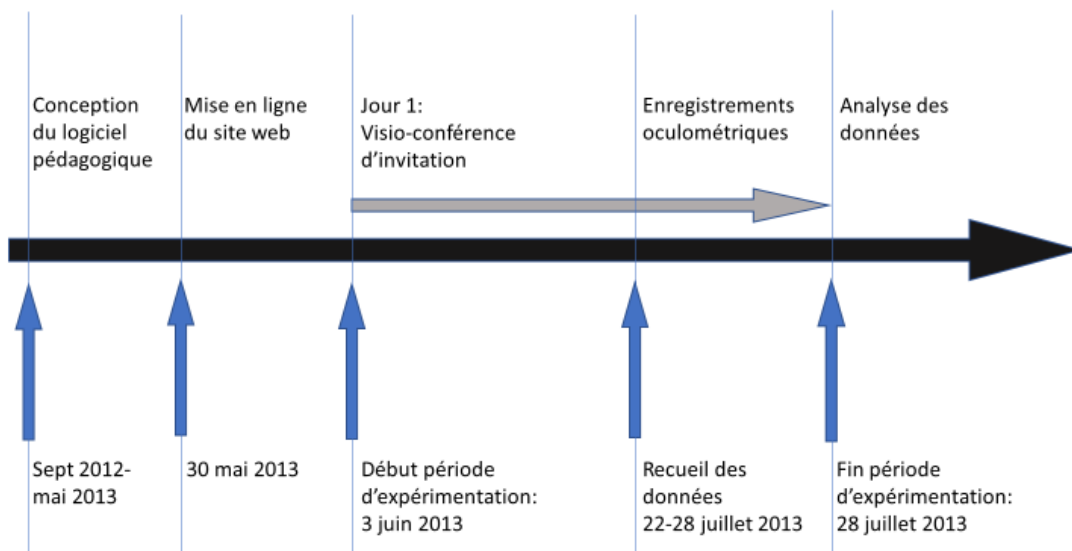


Figure 8 : calendrier.

2.3.3 Budget

Inclus dans le budget sont les frais du technicien en informatique responsable de la programmation du logiciel pédagogique, la création et le maintien du site web, et l’extraction des

données (Tableau V, p. 32). La rémunération des assistants de recherche responsables de la supervision des séances d'enregistrement oculométrique est prévue dans leur entente avec le département de psychologie. Les coûts ont été défrayés par le chercheur principal (G.R.).

Tableau V : détails du budget

Oculométrie	Sous totaux
Création d'un programme d'oculométrie et passation (11 heures)	219,78\$
Création d'un programme pour les vidéos de mouvements oculaires (15 heures)	279,72\$
Site web	Sous totaux
Création d'un site web en HTML, PHP, MySQL et JavaScript (53 heures)	1058,94\$
« <i>Trouble shooting</i> », extraction de données et analyses supplémentaires	319,68\$
TOTAL	1878,12\$

3. Troisième chapitre : présentation et discussion des résultats

3.1. Présentation des résultats

Les participants ont été répartis comme suit : sur 89 étudiants éligibles, 4 n'ont pu être rejoints par courriel. 34 se sont enregistrés en accédant au site web et en acceptant les termes du formulaire de consentement. 18 ont été randomisés au groupe expérimental et 16 au groupe contrôle.

Malgré les efforts déployés pour les accommoder, seuls 9 participants se sont inscrits aux séances d'enregistrement oculométrique. Une série de données a été perdue, laissant 4 séries de données analysables pour chacun des groupes (expérimental et contrôle) (figure 9, p. 33).

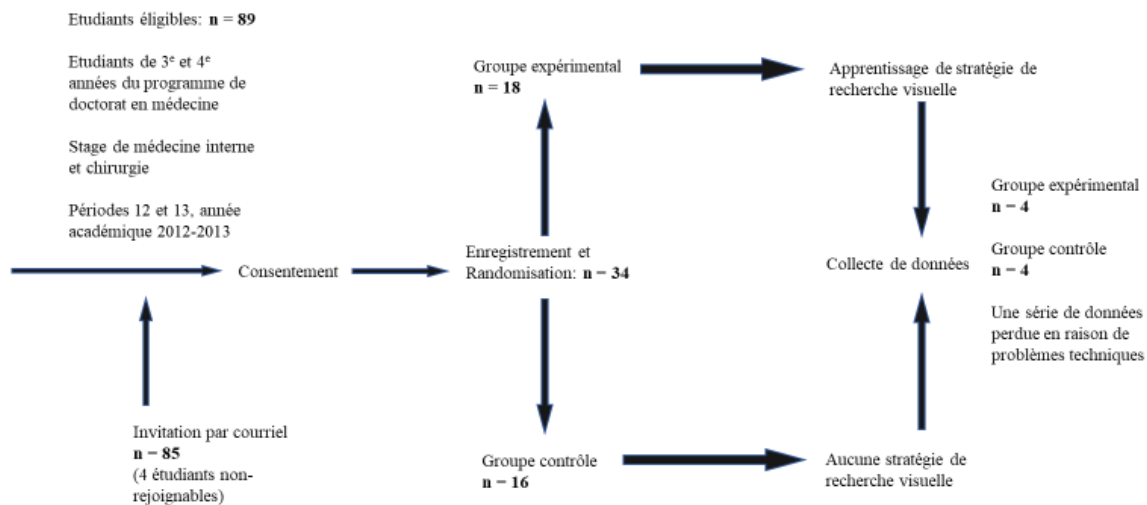


Figure 9 : Sommaire du déroulement de l'étude.

Les valeurs moyennes d'exactitude diagnostique et les valeurs moyennes du vecteur de Damerau-Levenshtein de chaque groupe ont été comparées en utilisant un test-t de Student pour variables indépendantes avec un niveau d'erreur alpha à 0,05 (Tableaux VI et VII, p. 34).

Tableau VI : exactitude diagnostique

	Proportion de diagnostics exacts sur 20 radiographies observées	
	Groupe contrôle	Groupe expérimental
Moyenne	0,6375	0,6125
Écart-type	0,1430	0,0629
Test t- de Student	t=-0,3189 (p=0,3803)	

Tableau VII : stratégies de recherche visuelle

	Vecteurs de Damerau-Levenshtein¹	
	Groupe contrôle	Groupe expérimental
Moyenne	97,4250	99,1333
Écart-type	3,0144	4,2565
Test t- de Student	t=3,1086 (p=0,0022)	

La collecte et la compilation des résultats n'a pas été une étape harmonieuse. Nous avons fait face à plusieurs problèmes de travail collaboratif, ce qui a mené à des délais significatifs. Il aura fallu une période de plus d'un an pour récupérer ces résultats. Par la suite, la communication entre collaborateurs a été malheureusement coupée malgré plusieurs tentatives de relance. En

¹ Interprétation : la valeur numérique représente la variabilité des vecteurs et donc des stratégies de recherche visuelle. Un nombre plus élevé indique une *plus grande variabilité* et donc une stratégie *moins systématique*.

conséquence, plusieurs résultats qui auraient été utiles ne sont pas disponibles et seule une discussion très sommaire est possible.

3.2. Discussion des résultats

Premièrement, l'exactitude diagnostique est assez faible. Deuxièmement, il n'y a pas de différence entre les groupes. Cette absence de différence entre les groupes pourrait être due à un manque de puissance de l'étude en raison du faible nombre de participants et du petit nombre de radiographies, à un manque d'efficacité de la méthode pédagogique, ou encore à une exploitation insuffisante du logiciel par les étudiants. Les données concernant les vrais/faux positifs et les vrais/faux négatifs qui auraient pu renseigner sur les patterns d'erreur et permis de faire un lien entre les trajectoires de balayage visuel et l'exactitude diagnostique ne sont malheureusement pas disponibles.

Deuxièmement, les vecteurs de Damerau-Levenshtein diffèrent statistiquement entre les groupes. Ce résultat reflète tout de même un total de 80 trajectoires par groupe (soit 20 radiographies par participant x 4 participants). Il est intéressant de noter que cette différence, quoique petite en absolu, va dans le sens opposé de nos prédictions : le vecteur de Damerau-Levenshtein suggère que la stratégie de recherche visuelle du groupe expérimental semble plus variable d'une radiographie à l'autre que celle du groupe contrôle ; elle semble donc moins « systématique ». Ce résultat pourrait être le fruit d'inégalités dans la distribution de variables confondantes entre les groupes mais pourrait aussi représenter une différence réelle qui pourrait alors exiger une réévaluation de notre compréhension de l'expertise en imagerie médicale. Rappelons que nos premiers enregistrements du radiologiste ont démontré des trajectoires de balayage visuel très variables et peu intuitives, plutôt qu'un pattern systématique et ordonné.

Un calcul a posteriori des vecteurs de Damerau-Levenshtein du radiologiste et une analyse des autres paramètres oculométriques enregistrés (mais non récupérés) aurait permis une analyse plus approfondie des résultats. Ces données n'étant pas disponibles, toute tentative d'interprétation devient un exercice hypothétique.

Conclusions de la première partie

Notre projet a souffert d'un haut taux de désistement de la part des étudiants et de problèmes de collaboration interprofessionnelle qui ont miné nos possibilités de vérifier les hypothèses que nous avons mises de l'avant. Nous discutons ces problématiques en détail dans la prochaine partie de notre travail.

Ceci dit, une application pédagogique de l'oculométrie en imagerie médicale était probablement prématurée. Il devient clair que l'expertise en imagerie médicale doit être mieux comprise : que regarde le radiologiste, comment il détermine et comment il adapte sa stratégie de recherche visuelle sur la base de ce qu'il voit et de ce qu'il sait, et comment il formule des hypothèses diagnostiques en fonction des éléments visuels qu'il identifie et éventuellement des informations cliniques disponibles. L'oculométrie demeure un outil indispensable à cet effet. Les recherches futures sur l'acquisition de l'expertise radiologique gagneront à s'appuyer sur un modèle d'ensemble qui incorpore simultanément les sciences de la vision, les sciences cognitives et les théories de l'apprentissage. Ce sujet demeure fascinant, et nous semble un terrain d'investigation fécond qui vaut la peine d'être poursuivi.

Partie 2. Défis méthodologiques suscités par une étude en pédagogie médicale

4. Quatrième chapitre : difficultés de recrutement et de rétention des participants

Il importe maintenant de réfléchir quant aux raisons d'une faible participation et d'un si haut taux de désistement. Les taux similaires de désistement dans les groupes contrôle et expérimental font croire que la problématique principale ne concerne pas la méthode pédagogique proprement dite mais plutôt les moyens de recrutement et d'encadrement des étudiants, ainsi que l'intégration d'une étude d'imagerie médicale à un stage clinique ayant des objectifs propres. Cette réflexion a fait l'objet d'une revue de littérature et de l'article présenté en 4.1 dont G.R. est l'unique auteur, et qui a été soumis pour publication.

4.1. Challenges in medical education research: participant recruitment and retention

Abstract

Background

Challenges in participant recruitment and retention have been recognized as problems that may undermine research efforts in medical education. This paper aimed to gain insight into challenges affecting participant recruitment and retention, and to provide helpful guidance and further lines of thought to both prospective medical education researchers and institutions.

Methods

An exploratory review was conducted. Relevant citations in the Pubmed, ERIC (Education Resources Information Center) and PsycINFO were identified and analysed.

Results

Most publications in medical education presented data that was either superficial, indirect, or consisted of author opinion. Gaining further insight required searching social sciences publications. Based on the available literature, six factors that may impact recruitment were identified. Ensuing strategies for facilitating recruitment were conceptualized and discussed.

Conclusions

Both the research team and the institution have important roles to play in recruitment. Researchers should consider recruitment as an important part of study planning and apply appropriate recruitment strategies. Further study of this important topic is warranted.

Introduction

Challenges in participant recruitment and retention have been recognized as problems that may undermine research efforts in medical education[40-43]. I undertook this review in light of my own experience of grappling with recruitment issues and a high dropout rate, which recently invalidated a proposed study in the assessment and training of students in medical image interpretation. Foremost, it is important to recognize that with regards to medical education research, participant recruitment and retention have been poorly studied and the paucity of papers is an a priori limitation to any attempted review on the subject[44, 45]. Secondly, participant recruitment and retention are related issues; however, for the purposes of this discussion, they are considered together, recognizing that 1) the majority of available data are relevant to recruitment, and that 2) paucity of data relating to retention makes it difficult to consider the latter as a separate subject.

The ensuing research questions were the following:

- Have challenges to the recruitment and retention of students in medical education research been previously recognized and addressed by the literature?
- Can these challenges be grouped into broad themes, to be used by prospective researchers as a basis for reflection as well as a guide for future literature reviews.

Methods

I conducted a review of the literature dealing specifically with recruitment and retention in medical education research.

Inclusion criteria:

The literature search was confined to citations dealing specifically with research in medical education, based on the inference that by nature such studies are distinct from other types of research: from a participant's perspective the relevance and potential benefit of any educational

intervention may not be immediately obvious, motivation may be eroded by competing academic requirements, and there exists an uneven balance of power where a supervisor may act simultaneously as both researcher and evaluator. It seemed critical that selected citations adequately addressed these issues

Only peer-reviewed documents were considered. Documents needed to be published in French or English and have recruitment and retention of students in medical education research as their primary focus. Excluded were documents that mentioned recruitment and retention as a secondary theme, documents that did not address medical education research specifically, and documents that addressed survey response rates.

Search strategy:

The **ERIC (Education Resources Information Center)** and **Pubmed** databases were chosen on the basis of their relevance to education and medicine, respectively. Additionally, the **PsycINFO** database was subsequently added because it became apparent during the course of the literature search that themes relevant to student recruitment and retention in research were being addressed in psychology literature. An attempt to search **Google Scholar** yielded an overwhelming number of citations. In spite of attempts to narrow the search, the number of citations was not manageable in any meaningful way and Google Scholar was therefore not included as a resource in the literature search.

Search terms were determined according to the focus of the research questions. However, similar terms generated markedly different citations in different databases, and thus the search strategy was tailored to each database in order to maximize the yield of relevant citations, while keeping the number of citations below a reasonable threshold. Citation titles and abstracts were checked for inclusion and exclusion criteria.

Recruitment and retention were considered different (although related) issues and consequently were searched separately.

Recruitment:

The **ERIC database** was searched using the search string « ((participant recruitment) OR (participant accrual) OR (participant enrollment)) AND (education research) », yielding **358 citations**, of which **none** were selected. The **Pubmed database** was searched using the search string « (medical education) AND ((accrual) or (participant recruitment))) », yielding **269 citations**, of which **two** were selected. The **PsycINFO database** was searched using the search string « (participant recruitment) AND (education research) », yielding **247 citations**, of which **two** were selected.

Retention:

The **ERIC database** was searched using the following search string: « (participant retention) OR (participant attrition) OR (participant dropout) AND (education research) », yielding **424 citations**, of which **one** was selected. The **Pubmed database** was searched using the following search string: « ((participant retention) OR (participant attrition)) AND (education research) », yielding **409 citations**, of which **none** were selected. The **Psycinfo database** was searched using the search string « (research participant retention) OR (study participant retention) OR (research participant attrition) OR study participant attrition) AND (education research) », yielding **368 citations**, of which **two** were selected.

Excluding redundant citations, a total of **5 citations** were available for review.

Analysis:

Selected documents were reviewed with the objectives of identifying challenges related to the recruitment and retention of students in medical education research, and grouping these challenges under broad themes as they emerged. Themes were further developed, with additional references as deemed appropriate.

Results

Articles dealing specifically with participant recruitment in medical education research were few and highly varied in scope[41-43, 46, 47]. Most presented data that, as it related to recruitment, was either superficial, indirect, or consisted of author opinion and did not thoroughly explore the underpinnings of recruitment challenges or possible solutions. This suggests that the issue of participant recruitment and retention in medical education research is under-recognized.

Nevertheless, the review of the available literature led me to identify six important factors that may impact recruitment. In addition, it was possible to conceptualize ensuing strategies for facilitating recruitment as either short term considerations lying with the research team or long term considerations lying with the institution. These are summarized in **table VIII**, (p. 43). Each consideration will be reviewed and discussed in the following sections.

Table VIII: considerations in participant recruitment

Consideration	Primary responsibility
1. Choice of participants	Researcher
2. Recruitment process	Researcher
3. Choice of experimental model	Researcher
4. Motivational considerations	Researcher
5. Voluntary vs compulsory participation	Institution
6. Institutional culture	Institution

Discussion

1) Choice of participants

It appears that a majority of students attribute significant value and importance to studies in medical education, both for themselves and for future students[44]. However, this positive assessment does not readily translate into a propensity to *enroll as study participants*, and actual

participation rates remain highly variable[44]. In one poll, 93% of medical students answered that they recognized the importance of medical education research; however only 40% of students said they were actually inclined to enroll as participants[48]. Within this group, pre-clinical students were both more likely to have a positive view of medical education research (95% vs 90%, statistically significant) and more likely to be inclined to enroll (46% vs 33%, statistically significant) than students at more advanced levels[48].

When confronted with the decision of whether or not to enroll in a study, medical students are highly preoccupied with process and logistical issues as opposed to study content. Time-management issues related to professional and personal activities have a significant impact on their decision making[41, 44, 46] and exam-related preparation time stands out as a main determinant that is roughly proportional to exam score weighting[42]. Incremental professional obligations and scheduling complexities with advancing levels of training probably help explain the differences between medical students at different levels highlighted in the previous paragraph[41, 42, 44, 48].

Student participation may also vary markedly from one institutional environment to another[42]. In one multicentric study involving 7 affiliated institutions and evaluating brief self-directed learning modules during a surgical clerkship rotation, the overall participation rate was 73%. However, participation rates varied between 44 and 81% depending on the institution in spite of similar content and recruitment procedures[42]. In the same study, the study completion rate was only 18% overall, once again varying markedly and ranging from 2% to 29% across institutions[42, 44]. These variations may depend on workload and logistical issues associated with individual institutions but the broader impact of such factors has yet to be studied[41]. In any case, the potential for such low numbers should be a concern to any prospective researcher in medical education, thus underscoring the importance of adequate recruitment planning.

2) Recruitment process

Recruiting participants requires identification, targeting, and enrollment[47]. However there have been few studies on the process and techniques of recruitment of students to participate in medical education studies[47].

An invitation stemming directly from a clinical rotation director may have more weight than an invitation by the researcher or a surrogate[44]. However, although students themselves do not necessarily see this as coercive, it may raise ethical concerns with some ethics review boards[44]. Nevertheless, it is suggested that limited participation of clinical directors in the recruitment process may be reasonable[44]. Importantly, a personal connection with the recruiter outweighs the influence of authority and may raise absolute participation rates as much as 20%[49]. Institutions and researchers who invest time in developing a personal connection with their students therefore are likely to improve enrollment and retention[41]. This is one more reason to think about involving clinical rotation directors and even other supervisors that often have greater proximity with students than clinical directors whose time is often allocated to multiple academic and administrative tasks. It may, however, raise other issues, as it could be argued that such relationships may influence the gathering and analysis of data.

Investing time and effort in recruitment undeniably increases participation rates [41]. For example, a single email reminder may increase survey responses by over 50%[49]. However, there is an important caveat: dropout rates increase in proportion to recruitment efforts, and the last students to enroll are also the least motivated to participate and are often the first to drop out[41, 50]; « this is termed point-of-time » effect[50]. In consequence, it seems wise to impose reasonable limits on recruitment efforts[41]. **Table IX** (p. 46) summarizes potentially effective recruitment strategies.

Table IX: effective recruitment strategies[41, 44, 47, 49]

Establish a clear plan with collaborators	<ul style="list-style-type: none"> • Plan all aspects of the study protocol, including recruitment
Invest time in the pre-recruitment phase	<ul style="list-style-type: none"> • Invest time in developing a personal connection with students • Obtain information on and glean hints from previous successful recruitment strategies in one's institution
Communication	<ul style="list-style-type: none"> • Offer information sessions, in person, and appropriately timed • Address the participants by name • Outline the subject clearly and concisely • Use multiple means of communication (e.g. in-person, email, postal) • Use appealing esthetics and official institutional letterhead in written communications • Involve clinical directors in each participating institution in both recruitment and follow-up
Recruitment efforts	<ul style="list-style-type: none"> • Limit email reminders • Establish a reasonable limit on recruitment efforts • Recognize recruitment and participant retention issues early

3) Choice of experimental model

An in-depth discussion of research models is beyond the scope of this paper. However, some considerations may be useful to the prospective medical education researcher.

Even though the randomized trial is a popular model often well adapted to research in clinical medicine, one must recognize fundamental differences between clinical research and medical education research[51-54]. Pedagogical interventions are often multifactorial and affected by multiple variables both known and unknown (quality and personal investment of professors, institutional influence, broader curricular context, etc.) often making it difficult to extract the effects of individual components[51, 53-55]. Randomization may be incapable of ensuring a balanced distribution between experimental groups, particularly so in the case of small groups[51, 54, 55]. In addition, far-reaching curricular interventions may make it difficult if not

impossible to have control groups[56]. This complexity also makes pedagogical interventions much more difficult to reproduce and validate across studies[51].

Randomized studies often require fairly large samples especially when effect sizes are small, as is often the case in medical education[43]. The addition of a pre-test/post-test format has the particular advantage of increasing the yield of data in cases where groups are very small or in cases where the anticipated risk of participant drop out is high[51]. However, the researcher should also recognize that pre-testing influences both the quality of learning during the study as well as post-test performance, and is thus a potential source of bias[51].

The « laboratory » study is built on a defined theoretical framework and involves the isolation and manipulation of individual variables in a controlled setting, allowing a better understanding of the role of the intervention and its components on the outcome[51, 55]. This model is frequently used in psychology research, for example. Unfortunately, such a theoretical basis is often lacking in medical education research, and the « artificial » nature of this model makes it difficult to translate results into practice[51]. In addition, it is unclear how such a format removed from practice may impact the willingness of medical students to participate.

Qualitative research refers to both study design and research method[53]. There are literally dozens of different qualitative methods that have been described[43]. Nevertheless, most of these have in common the advantage of being highly circumscribed and allowing an in-depth contemplation of research questions, without requiring large sample sizes[55]. However the specificity of this approach may sometimes make results more difficult to generalize[55].

« Participatory research » is a relatively recent concept in the social sciences where study subjects are directly involved in all phases of research, including planning, implementation, and evaluation[57]. The initial goal of this model was to bring together theoreticians and practitioners, and it would seem particularly well adapted to medical education research where students are important stakeholders in the outcomes[57].

Choosing the model most adapted to the research question and study objectives will maximize the likelihood of success and the researcher is encouraged to consult resources reviewing different research models and confer with colleagues on the best possible approach[58, 59].

4) Motivational considerations

Motivation is an important factor influencing the decision to participate as a research subject[46]. Therefore a brief review of the concept of motivation seems appropriate. The « self-determination continuum » considers three levels of motivation and its impact on behaviour and performance of individuals and has been validated across studies[60]. Intrinsic motivation originates within the individual and is the most powerful determinant of behaviour[60]. Amotivation represents the absence of a link between execution of an activity and any subsequent outcome[60]. Extrinsic motivation is subdivided into a continuum of external influences on behaviour, classified based on the degree to which such influences may or may not be internalized by the individual[60].

Intrinsic motivation

Volunteer-participants in medical education studies (and particularly early volunteers) tend to exhibit a higher level of intrinsic motivation compared to non-volunteers[42, 50, 60, 61]. Intrinsic motivation is also associated with curiosity, task persistence, quality of learning, high level of performance, vitality, and well-being[50, 60]. These observations may afford an opportunity to stimulate recruitment by incorporating factors that emphasize the individual's autonomy and competence into a study design[60] rather than performance objectives (task value vs task mastery)[42]. Strategies may include fostering a sense of pride and satisfaction in scientific contribution, fostering a sense of interest in the research topic, offering the experience of useful research methods, and encouraging the acquisition of disciplinary foundations[62].

Extrinsic motivation

Certain extrinsic motivation strategies may also increase participation and study completion rates[41]. Several studies have shown that tangible (e.g. money) and intangible (e.g. gaining insight into the « research process » incentives do increase student participation in research projects[41, 43, 60, 63].

Tangible incentives include financial incentives and bonus credits. Financial incentives are a major reason for participation in clinical and social sciences research[47, 49]. As financial incentives increase, so do participation rates[49, 60], but it is important to consider that even small amounts are highly effective. It has been shown that amounts as small as 2\$ may increase absolute medical student and physician survey response rates by approximately 15%[49]. The most effective financial incentive is cash, especially if given up front before study initiation, and it is more effective than lottery[43, 49].

A poll of 7281 students found that they were more likely to take part in studies in economics in exchange for financial compensation rather than a personal « dedication to science »[62], and that even a « moderate » (undefined) financial incentive increased participation rates by around 50%[62]. Bonus course credits also increase research participation[60, 62]. One study of psychology programs across several Canadian universities found that study participation rates rose from 36,6 to 71,8% when incentivized by bonus credits[60]. Like financial incentives, participation rates increased with the number of bonus credits[60].

This last study reported another interesting finding: when compared to pure volunteers, students incentivized by bonus credits comprised a more heterogeneous population in terms of their motivation profile and consequently were considered more representative of the larger student pool in this area[60]. Incentivizing participants using some form of compensation may therefore be used as a strategy to limit the problematic biases linked to pure volunteering, which will be discussed further in the following section. On the other hand, depending on their nature some incentives may create ethical dilemmas or be the source of additional biases and therefore require caution and further investigation[43, 60, 63].

5) Voluntary vs non-voluntary (compulsory) participation

Intrinsic differences between volunteers and non-volunteers may introduce selection bias and affect the validity of research results[45, 50, 61, 63, 64]. One longitudinal study conducted at Jefferson Medical College between 1970 and 2004 on 7415 medical school graduates revealed that among respondents inclined to volunteer for medical education studies there were less women and less ethnic minorities[64]; prospective volunteers also had systematically higher academic performance scores throughout their medical curriculum, including preclinical, clinical, and certification examinations[64]. Similar differences in demographic characteristics, motivation, metacognitive abilities and academic performance have been substantiated in other studies as well[42, 62-65].

Most psychology departments rely on the enrollment of pre-graduate students as research subjects[46, 50, 61, 66, 67]. Enrollment may be compulsory in certain instances and even subject to penalty in cases of refusal[66, 67]. Though some view this as coercion[45], others draw parallels with other academic obligations, such as academic work and examinations, for example[66, 67]. Arguing that risks to participants are few, proponents of mandatory participation also emphasize the intrinsic pedagogic value (although this point continues to be debated[45]) of study participation experiences, including exposure to research, acquaintance with the researcher role, introduction to research techniques, and experience of novel concepts and techniques in medical education (which may be viewed as intangible incentives)[46, 61, 64, 67-71]. Study participants may also benefit personally from newly established teaching methods, as opposed to being subjected to mandatory untested and un-validated interventions, as is often currently the case[40, 66, 68].

Some authors have drawn a parallel between the legal obligation of employees in private enterprise to submit to quality improvement studies, and the responsibility of academic institutions to innovate and validate their results in education[40, 68]. They suggest that the current form of voluntary participation in many institutions that requires consent may not be

entirely consistent with the obligation of medical schools to evaluate their pedagogic methods and insure the competency of their graduates[64, 66].

From a logistics perspective, current norms for voluntary participation require an ethics review process that may be tedious and add additional complexity to recruitment and retention. As an example, the evaluations by 89 different ethics boards throughout the United States of a short on-line questionnaire to be distributed to 4th year medical students[72] were highly variable in their individual assessments and recommendations[72] as well as the cause of a major increase in costs[72].

The absence of any real guidelines on student participation as research subjects both results from and contributes to these ongoing controversies[45]. In its code of conduct, the American Psychological Association has included all of two sentences on the issue of students as research subjects, stating essentially that compulsory participation is acceptable as long as non-participants are offered an alternative[45, 46]. As a result, several authors have called for the establishment of guidelines to govern student research participation and for streamlining and rationalizing the ethics review process in order to make it more consistent with the realities of medical education research in terms of overall risk, benefit, student participation and representativity of samples[68]. The key probably lies in striking a balance between students' needs, the needs of researchers, and ethical considerations[45, 46]. Medical schools may also consider recruitment facilitating strategies as alternatives to compulsory participation. This may include establishing volunteer student pools[60] from which volunteers may be more easily identified and recruited [46, 60]. Study participation may also be integrated into the medical school curriculum and a pre-defined number of credits allotted to participants. Both strategies have been successfully implemented in many psychology departments[46, 50, 60, 61, 67].

Institutional culture

It is important to foster a positive atmosphere where students will feel involved and valued. They should be exposed to medical education research early on and throughout their medical curriculum[46, 68]. They should be kept informed about how their current curriculum draws its

origins from medical education research[46, 68], about ongoing education research activities within their institution, and about the results of recently completed studies[46, 68]. If possible, non-volunteers should not be excluded from the option of experiencing novel pedagogical methods on an out-of-protocol basis; this reinforces the perception of institutional commitment to its students and may also foster future recruitment[43, 68]. An institutional culture that values education research while being attentive to maximizing educational content for students participating in such activities and maintaining high ethical standards is a winning strategy in the long run[45, 46, 61, 68, 72]. If students are convinced that their institution values innovation in education all the while adhering to strict research practices, they may be more likely to take part[68].

Conclusion

The prospective researcher in medical education should recognize recruitment and retention as potentially significant challenges that may undermine his or her research efforts[40-42]. Although limited by a paucity of data, this brief review does highlight some important considerations and outline potential strategies for facilitating recruitment. I believe that both the research team as well as the institution have important roles to play in recruiting students for medical education research and these are summarized in **tables X and XI** (p. 52, 53), respectively).

Table X: participant recruitment and retention: role of the research team

Choice of students	Pre-clinical students more likely to participate Some institutional environments more favourable than others
Choice of study period	Conflicts with exams and exam preparation schedules increase likelihood of dropping out
Communication strategies	Use appropriate communications strategies as outlined in table II
Incentives	A priori financial compensation for all participants Emphasize sources of internal motivation
Choice of experimental model	Choose a well-adapted experimental model that takes into account possible effects on recruitment

Table XI: participant recruitment and retention: institutional role

Establish a culture of research in medical education
Establish volunteer pools
Allot credits (mandatory or not) for participation in medical education research
Streamline and rationalize ethics approval

I would end this discussion with a few words of caution for the prospective researcher. As important as it is to use appropriate recruitment strategies, the previous discussion as well as my own recent experience lead me to stress that it is just as important to be realistic in one's recruitment expectations and to recognize red flags early on in order to expeditiously apply corrective measures. Importantly, remediation may include project re-evaluation or even interruption (**table XII**, p. 53).

Table XII: caution to the researcher

Plan appropriately	<ul style="list-style-type: none">• Study protocol that is sufficiently flexible to adjust to unexpected recruitment issues• Conservative estimate of participation rates• Expect majority of lasting recruitment to take place early (in the days following the invitation)
Recognize red flags	<ul style="list-style-type: none">• Delays in recruitment beyond the first few days• Excessive student preoccupation with logistical considerations• Lack of student emphasis on content
Consider project re-evaluation or interruption in the case of a major problem	

4.2. Commentaire

Dans cette section, j'ai repris les rubriques sélectionnées de l'article « *Challenges in medical education research: participant recruitment and retention* » que j'ai commentées à la lumière du présent projet de recherche.

4.2.1 Impact du milieu d'enseignement

Nous avons sous-estimé la complexité logistique de coordonner une étude répartie sur cinq milieux de stage distincts et géographiquement éloignés les uns des autres. L'objectif d'inclure cinq milieux de stage était de maximiser le bassin de participants disponibles mais c'est un calcul qui n'aura pas eu le résultat escompté. La centralisation de l'étude en un seul milieu aurait facilité la supervision par le chercheur et le suivi des participants, ainsi que la détection de toute problématique et la mise en place de correctifs.

4.2.2 Population ciblée

Nous avons considéré la possibilité que nos difficultés de recrutement et de rétention aient été dues au fait que les étudiants ne reconnaissent pas, à leur niveau de formation, les bénéfices personnels et institutionnels de la recherche en pédagogie médicale, mais notre revue de la littérature n'admet pas une telle conclusion.

Au contraire, elle suggère plutôt que les facteurs déterminants sont l'augmentation des conflits d'horaire et des conflits de priorités au fur à mesure que les étudiants avancent dans leur programme d'études. Parmi ces facteurs, les évaluations sommatives demeurent la préoccupation prioritaire qui prévaut sur toute autre considération.

C'est d'ailleurs une question que nos étudiants ont soulevée d'entrée de jeu. Les questions qui m'ont été posées lors de la visioconférence de recrutement ont convergé sur des problématiques d'ordre logistique comme les horaires du projet de recherche et les conflits potentiels avec la période d'étude en vue des examens de fin de stage, ainsi que la période de vacances débutant immédiatement après. Il y a d'ailleurs eu plus d'une intervention sur le sujet malgré mes

tentatives de réassurance, et les échanges courriels qui ont suivi ont porté sur les mêmes sujets (qui ont d'ailleurs été invoqués par certains comme raison de non-participation malgré un intérêt pour le thème de la recherche proprement dit). Parallèlement, il n'y a eu aucune question de fond sur le contenu du projet, ni lors de la visioconférence inaugurale, ni lors des échanges courriels subséquents avec les étudiants, et ce malgré plusieurs courriels de relance de ma part visant à garder les voies de communication ouvertes. Ces courriels se voulaient aussi de brefs rappels de l'importance de la participation étudiante et de la disponibilité de l'équipe de recherche plutôt qu'une nouvelle présentation approfondie du sujet d'étude. En rétrospective ces constatations auraient dû être interprétées comme un signal d'alarme particulièrement préoccupant et auraient probablement dû déclencher une réévaluation du devis de recherche.

4.2.3 Motivation

Les volontaires sont susceptibles d'être des individus hautement motivés. Néanmoins, nous avons surestimé le niveau d'engagement des participants et probablement sous-estimé la difficulté de susciter et soutenir leur intérêt tout au long du projet.

La tâche que nous avons proposée aux étudiants était tout de même très contraignante dans la mesure où il s'agissait de naviguer un site web très rigide, et de reproduire avec assiduité et exactitude une séquence de gestes imposés, sans aucun contrôle sur l'issue du travail ni de possibilité immédiate de vérification des apprentissages. Par ailleurs, l'exigence de suivre la stratégie de recherche visuelle d'autrui était par moment contre-intuitive et fastidieuse. Isoler les radiographies de tout contexte clinique avait pour but d'en isoler l'effet des éléments purement visuels, mais avec la conséquence probable de confondre les étudiants quant à la valeur d'un tel exercice déconnecté de la réalité. Finalement, l'importance accordée à la radiographie pulmonaire au quotidien dans le déroulement des stages, ainsi que la congruence entre les pathologies des patients et les pathologies proposées sur notre site web, étaient possiblement moindres qu'anticipé. Autant de facteurs qui peuvent saper le sentiment de contrôle et d'auto-détermination, des éléments essentiels de la motivation intrinsèque. En ce sens notre méthodologie aurait probablement été mieux adaptée à une population avec un intérêt particulier pour l'imagerie médicale, comme les résidents en radiologie.

Les incitatifs monétaires peuvent être des moyens proportionnellement efficaces de recrutement, mais il semble que le tirage de trois certificats cadeau de 100\$ ait été nettement insuffisant. La littérature suggère qu'il nous aurait fallu prévoir un incitatif financier pour tous les inscrits, et même pour tous les participants éligibles. Utilisé de cette façon, même un petit montant aurait pu être efficace, probablement sans augmenter notre budget de façon drastique. Il n'existe pas actuellement de système de crédits bonis ou de stages de recherche obligatoires (à titre de participant) à l'école de médecine.

J'ai soulevé dans l'article précédent quelques réflexions concernant les processus d'approbation éthique. Nonobstant ces réflexions, le problème de notre cas particulier n'aurait pas été résolu par des conditions de participation plus contraignantes, car la qualité des résultats ne reposait pas seulement sur le nombre de participants mais sur leur engagement autonome et sérieux dans l'utilisation du logiciel d'apprentissage.

Les limitations dans la représentativité des échantillons obtenus en faisant appel aux volontaires sont réelles et importantes, mais dans la mesure où nous n'avons même pas réussi à obtenir un échantillon minimal pour assurer des résultats interprétables, de telles considérations m'apparaissent quelque peu superflues dans le cadre de la présente discussion. Concrètement, la mesure dans laquelle la participation à la recherche en pédagogie représente une option ou une obligation relève pour l'instant du rôle institutionnel et non de gestes concrets que nous aurions pu poser pour favoriser le recrutement. Comme chercheur on doit se limiter à l'heure actuelle à reconnaître les biais potentiels reliés au volontariat et à souligner l'importance d'en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

Le tableau XIII (p. 57) présente différents moyens que nous aurions pu utiliser pour stimuler la motivation des étudiants. Dans ce tableau, je propose aussi que l'utilisation de radiographies inusitées ou spectaculaires aurait pu être un moyen de capter l'intérêt des étudiants, de faire ressortir la « valeur de la tâche », et de souligner la pertinence de la radiographie à la pratique clinique. Permettre aux étudiants de participer activement à l'amélioration du logiciel pédagogique (soit par leurs commentaires rétroactifs ou encore mieux, au fur et à mesure du déroulement du projet) aurait pu être un moyen de renforcer un sentiment de contrôle et

d'autodétermination. Ce sont deux moyens concrets qui auraient pu être envisageables pour stimuler la motivation intrinsèque des participants.

Tableau XIII : moyens qui auraient pu stimuler la motivation des étudiants

Inclusion ou rajout régulier de radiographies inusitées ou « spectaculaires » (incluant lors de la réunion de recrutement).
Récompense en fonction du temps passé à utiliser le site web (monétaire ou autre)*.
Opportunité de discussion/interaction avec un superviseur*.
Opportunité de rétroaction*.
Participation active à l'amélioration du logiciel pédagogique.

* N'auraient pu être considérés dans notre cas spécifique en raison des ressources disponibles et de la complexité logistique surajoutée.

4.2.4 Techniques de recrutement et communication

La manière d'entrer en contact avec les participants a été rigoureuse. Nous avons eu le souci de contacter à l'avance tous les directeurs de stage pour leur expliquer le projet et solliciter leur appui afin d'agir comme personnes-ressource dans leurs milieux respectifs. Ils n'ont pas été impliqués directement dans le processus de recrutement par souci d'éviter toute apparence de contrainte. Malgré tout, la littérature suggère qu'une démarche de recrutement de la part d'un directeur de stage serait efficace, d'une part, et d'autre part ne serait pas perçue comme « coercitive »; devant une telle constatation, une participation limitée des directeurs de stage dans le recrutement proprement dit pourrait peut-être être envisagée dans le futur par les chercheurs et les comités d'éthique. Il n'est pas possible d'évaluer le rôle subséquent que les directeurs de stage ont joué au cours de la période de l'étude.

La communication avec les participants s'est bien déroulée. Après la visioconférence d'invitation/recrutement, les communications se sont faites par courriel. Seul un petit nombre d'étudiants n'a pu être rejoint pour le recrutement. On a répondu à toutes les préoccupations des étudiants en moins de 24h, la plupart du temps la journée même. Malgré nos appréhensions

initiales, le nombre de problèmes techniques survenus était très bas. La communication entre étudiant, chercheur, et technicien informatique s'est déroulée de façon très efficace. Le peu de problèmes techniques ont été résolus rapidement, et n'ont pas engendré de frustrations qui auraient influencé le déroulement de l'étude de façon négative, et ne semblent donc pas avoir eu de rôle dans les problèmes de recrutement et de rétention.

Je crois que le problème majeur est que nous avons mis trop d'effort dans le recrutement, un piège soulevé dans la littérature. Rapidement, d'abord par visioconférence lors de notre premier contact et ensuite par courriel dans les jours qui ont suivi, plusieurs étudiants ont fait valoir leurs préoccupations axées sur des questions de logistique. Le nombre d'inscriptions dans les 24-48h suivant l'ouverture s'élevait à 10 ou 11. Or 9 étudiants se sont présentés à la séance finale d'évaluation. Quoique cette information ne soit pas disponible, il est raisonnable de penser qu'il s'agit des mêmes individus. Les efforts supplémentaires de recrutement qui se sont étalés sur les 3 semaines suivantes nous ont permis d'atteindre notre cible de 34 participants mais ces étudiants supplémentaires auront finalement été perdus par désistement, malgré les accommodements que nous avons proposés, incluant l'expansion des plages horaires des séances d'oculométrie et la démystification de ces séances par des courriels et même un court vidéo explicatif. Il aurait fallu avoir des attentes plus tempérées et peut-être aurait-il fallu réévaluer le devis dès les premiers signaux d'alarme et effectuer des ajustements pour profiter de cette première dizaine d'individus particulièrement motivés.

4.2.5 Choix du modèle expérimental

De par sa nature, l'essai randomisé exige un nombre relativement élevé de participants afin de contrôler la répartition d'éléments susceptibles d'affecter la validité des résultats. Donc nous nous sommes d'emblée soumis à un modèle assez contraignant dont nous avons sous-estimé les défis, particulièrement dans le contexte d'une recherche-terrain en pédagogie médicale. L'étude randomisée contrôlée n'apparaît pas très bien adaptée au contexte où l'on anticipe des difficultés de recrutement ou de rétention, et cette considération devrait entrer en ligne de compte lors du choix de modèle expérimental. Nous aurions probablement été mieux servis par une étude mixte quantitative et qualitative auprès d'un nombre plus restreint d'individus, choisis et ciblés sur la base de leur intérêt pour le sujet et leur motivation.

Prolonger la période d'étude nous aurait peut-être aidés. Nous aurions eu accès à un plus grand bassin d'étudiants; nous aurions eu moins de pression à recruter; et nous aurions eu plus de temps pour reconnaître des problématiques de recrutement et faire des ajustements ou même interrompre le projet, si jugé nécessaire. Par contre nous aurions perdu certains avantages également, comme celui d'avoir un groupe relativement homogène d'étudiants au même niveau de formation et enrôlés dans un stage comparable, mais la difficulté prohibitive aurait été d'assurer l'accès au laboratoire d'oculométrie au terme de chacune des périodes de stage, dont la logistique était trop complexe.

4.2.6 Conclusion sur les problématiques de recrutement et de rétention de participants

Notre expérience m'amène à penser qu'un devis randomisé est un devis contraignant qui dépend d'un recrutement élevé et laisse peu de marge de manœuvre au chercheur en cas de problématique inattendue, particulièrement lorsqu'il s'étend sur une courte période de temps. C'est aussi un modèle qui, quoique généralement bien adapté à la médecine clinique, ne l'est pas nécessairement aux études de pédagogie. Par ailleurs, l'insistance des étudiants sur des préoccupations logistiques plutôt que des questions de contenu (qui devraient représenter pour eux tout l'intérêt du projet) devrait être interprétée comme un signal d'alarme. Je mettrais en garde contre compter sur un taux de participation supérieur à 10%. Et je reconnaîtrais que les participants ayant été recrutés précocement sont ceux qui ont le plus de chance de participer à l'étude jusqu'à la fin, alors que les participants qui s'enrôlent plus tardivement représentent un groupe à haut risque de désistement. Les efforts de recrutement supplémentaires risquent d'être peu utiles et en cas de problématique majeure il faudra plutôt envisager des ajustements au devis ou une interruption du projet. Ces considérations sont résumées dans le tableau XIV (p. 60).

Tableau XIV : réflexions personnelles sur le recrutement à la lumière de notre expérience

Planification	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir un devis suffisamment flexible pour s'ajuster à des problématiques de recrutement inattendues. • Prévoir un taux de participation d'environ 10%. • Reconnaître que la majorité du recrutement aura lieu dans les premiers jours suivant l'invitation.
Signaux d'alarme	<ul style="list-style-type: none"> • Retard dans le recrutement au-delà des premiers jours. • Préoccupations étudiantes axées sur des questions logistiques. • Absence de questionnement des étudiants sur le contenu.
Considérer une réévaluation ou une interruption du projet en cas de problématique majeure.	

5. Cinquième chapitre : défis de la recherche interdisciplinaire

La radiologie est un domaine d'expertise clinique complexe fondamental à la pratique de tout un spectre de spécialités médicales; la perception visuelle est une ramification hautement spécialisée de la psychologie; la pédagogie est un domaine d'expertise en soi. Répondre de façon satisfaisante à la question de recherche que nous avons posée semblait logiquement exiger une contribution de ces trois champs d'expertise et donc déborder des cadres disciplinaires spécifiques, ce qui en fait presque par définition un travail de recherche interdisciplinaire. Cependant, nous n'avons pas réussi à entretenir cette collaboration jusqu'à la conclusion du projet, et cet échec mérite une réflexion. Cette réflexion a fait l'objet d'une revue de littérature et de l'article présenté en 5.1 dont G.R. est le seul auteur, et qui a été soumis pour publication.

5.1. Challenges in medical education research: cross-disciplinary research

Abstract

Background

Cross-disciplinary research may be an effective way to investigate complex interventions, such as occurs in medical education. However, cross-disciplinary research also presents significant challenges. This paper aimed to gain insight into the nature and challenges of cross-disciplinary research and to provide guidance to both prospective medical education researchers and institutions.

Methods

The literature dealing with cross-disciplinary research in medical education was reviewed by searching the Pubmed, ERIC (Education Resources Information Center), PsycINFO, and Google Scholar databases. References were also searched for relevant articles.

Results

Four broad areas relevant to cross-disciplinary research were identified: the personal and academic makeup of collaborators, administrative structures, institutional culture, and issues related to team dynamics. The most important determinants of successful cross-disciplinary collaboration are effective communication, the setting of explicit common goals, and a shared sense of direction. The potential for conflict should be anticipated and mitigated.

Conclusions

Cross-disciplinary research is a useful method in medical education research. It requires careful planning to avoid potential pitfalls as well as a dedicated investment of time and effort. Early recognition of red flags and application of corrective measures will help maximize the likelihood of success.

Introduction

Division of knowledge into subspecialty categories has fostered the expansion of disciplinary expertise[73, 74]. However, the traditional model of purely disciplinary research can also lead to a form of knowledge isolationism that seems ill adapted to the nature of many current realities, including the complexity of research questions, their transcendence of usual disciplinary boundaries, and the availability of more advanced technologies[73-78]. Cross-disciplinary collaboration is emerging as a potential solution, particularly in the domain of the health sciences, and has been supported by such stakeholders as the National Institutes of Health and the British Medical Research Council[73, 74, 79-81]. However, conducting cross-disciplinary research can be highly challenging[82-84]. This paper aimed to gain insight into the nature and challenges of cross-disciplinary research and to provide guidance to both prospective medical education researchers and institutions.

The ensuing research questions were the following:

- Have challenges to multidisciplinary research in medical education been previously recognized and addressed in the literature?
- Can these challenges be grouped into broad themes, to be used by prospective researchers as a basis for reflection as well as a guide for future literature reviews.

Methods

In order to answer these questions, I conducted an exploratory review of the literature dealing with cross-disciplinarity in medical education research.

Inclusion criteria:

Medical education researchers often have a multifaceted role as researcher responsible for the study participant, academic supervisor responsible for the student, and clinician responsible for

the patient. Moreover, a specific project may require drawing on the highly specialized expertise of full-time researchers whose practice is inherently different from that of clinicians and clinical researchers. It seemed critical that selected citations adequately addressed these issues, and thus the focus of the search was on cross-disciplinarity in medical education research.

Only peer-reviewed documents were considered. Documents needed to be published in French or English and have multidisciplinary research in medical education as their primary focus.

Documents that mentioned multidisciplinary research as a secondary theme were excluded, as were documents that did not address medical education research specifically.

Search strategy:

The **ERIC (Education Resources Information Center)** and **Pubmed** databases were chosen on the basis of their relevance to education and medicine, respectively. An attempt to search Google Scholar yielded an overwhelming number of citations. In spite of attempts to narrow the search, the number of citations was not manageable in any meaningful way and Google Scholar was therefore not included as a resource in the literature search.

Search terms were determined according to the focus of the research questions. However, similar terms generated markedly different citations in different databases, and thus the search strategy was tailored to each database in order to maximize the yield of relevant citations, while keeping the number of citations below a reasonable threshold. Citation titles and abstracts were checked for inclusion criteria.

The **ERIC database** was searched using the search string « (collaboration) OR (multidisciplinary) AND (research) », yielding **198 citations**, of which **one** was selected. The **Pubmed database** was searched using the search string « (((((interdisciplinary) OR multidisciplinary) OR transdisciplinary) AND research)) AND (medical pedagogy) », yielding **162** citations, of which **one** was selected. Fifteen top cited medical education journals were searched using the search string « ((collaborative research) OR (multidisciplinary research) OR

(interdisciplinary research) OR (transdisciplinary research)) », yielding an additional **11 citations**, of which **three** were selected.

Accounting for redundant citations, a total of **four citations** were selected for review.

Analysis:

Selected documents were reviewed with the objectives of identifying challenges related to multidisciplinary research in medical education, and grouping these challenges under broad themes as they emerged. Themes were further elaborated in the discussion, with additional references as deemed appropriate.

Results

There was only a small number of articles dealing with cross-disciplinary research in medical education, suggesting that this issue is under-recognized[76, 85-87]. Nevertheless, it was possible to identify four broad factors that may affect the course of a cross-disciplinary research project in medical education. They are outlined in table XV (p. 65). It was possible to conceptualize how each of these factors may primarily relate to the researchers or institutions or both. The following discussion considers each of these factors and outlines recommendations to prospective researchers for successfully seeing through a cross-disciplinary research project.

Table XV: factors affecting cross-disciplinary research

1. Personal and academic backgrounds of individual collaborators
2. Administrative structures
3. Institutional culture
4. Team functioning

Discussion

Advantages of cross-disciplinary research may exist on several levels. Multiple perspectives can enrich theoretical frameworks, contribute to the emergence of more relevant research questions, promote the design of novel research interventions, even yield new insights, all of which may

directly impact the investigation of complex phenomena[73, 74, 76, 86]. In addition, sharing of resources may facilitate recruitment of participants and allow the evaluation of interventions under multiple experimental conditions, such as, in the case of education research, different learning environments or geographic sites[73, 76, 85, 87]. The majority of interventions in medical education are complex by nature[80, 81, 88] and they occur within the broader context of the medical school curriculum, which is itself a complex system[80, 81]. As a consequence, most research questions being asked in medical education are fundamentally multidisciplinary in nature and often require collaboration between educators, researchers, and content experts[76]. Cross-disciplinary research is gaining more and more traction as a pre-eminent model to address these questions[81, 89]. However, cross-disciplinary research still tends to occur sporadically and without specific guidance or any underlying support structure[74].

Potential challenges to cross-disciplinary research

Challenges related to the individual

In spite of its potential advantages, cross-disciplinary collaboration may also come with considerable challenges[83, 84, 89]. Individual collaborators from different backgrounds may differ from each other with respect to their vision, motivation, as well as practical issues related to project management strategies[73, 89]. Differences in theoretical frameworks, terminology, taxonomy, and methodology should not be underestimated[73, 76], and can lead to significant discrepancies in the understanding and interpretation of research objectives and research questions. Even among close collaborators proceeding from the same domain of expertise, latent or unrecognized personal differences can materialize into major difficulties down the line, affecting interpersonal relationships, productivity, and the overall conduct of the research[76]. Geographic distance can further complicate interpersonal relationships and communication[89].

Challenges related to the system

Traditional academic units are characterized among other things by their distinct administrative structure, educational curriculum, tenure track, grant review panels, and further shaped by their

relationships with private industry that will hire graduates, invest in research and development, and apply new knowledge and new technologies[79, 82, 85]. These distinctions amalgamate to create a divide between academic units[76, 82, 88] that sheds some light on the complexity of cross-disciplinary collaboration[76, 82, 88]. Of immediate practical relevance is the fact that individual units apply their own specific criteria for remuneration and academic advancement which means that any choices that collaborators make regarding time allotment and the production and dissemination of scholarly work (weight of authorship, choice of scientific meetings, choice of journals) will have direct consequences for those individuals[76, 78, 84]. More subtle but nevertheless critical are the effects of traditional structures on institutional culture and professional identities[77, 79, 82, 83, 88].

Kuhn conceptualized institutional culture as the « disciplinary matrix »[82, 90, 91]. According to Kuhn, the disciplinary matrix is the fabric that characterizes a given discipline and its practitioners, and consists of three components: *Symbolic generalizations, models, and exemplars*[90, 91].

Symbolic generalizations consist of « vast complex ideas », or fundamental concepts[79] specific to a discipline.

Models represent the practical mechanisms, the tools for putting disciplinary concepts into practice. Models are the “analogies, heuristics, and ontologies” that organize research questions, rationalize research methods, and give meaning to research findings[79].

Exemplars are the « incarnation » of the symbolic generalizations and models of a discipline. They are the « classic » solutions that represent the « ideals of the discipline »[79].

The disciplinary matrix model lays down principles that help one realize the nature and breadth of the divide that may exist between different disciplines. It also underscores the impact these differences may have on group functioning, which must not be underestimated[83, 90, 91]. However, in order to understand how these differences may affect a cross-disciplinary research

effort, it is necessary to consider such a model in the context of a theoretical framework of cross-disciplinary research.

Theoretical models of cross-disciplinary research

Rosenfield[75] described a widely-cited model of cross-disciplinary collaboration in research: Rosenfield draws from a positivist perspective where collaborations emerge from common interrogations about a reality that is objective, and where research questions are formulated as hypotheses that are verified by experimentation[73-75, 79, 92]; i.e. collaborations are ***focused on objectives***. Rosenfield developed a graded taxonomy of cross-disciplinary research[75, 93], which describes a continuum of interaction between participants[74, 76, 86, 93].

Unidisciplinary research: this is a relatively common academic model defined as the collaboration between several researchers from the same discipline[76]. As individual units generally share « frameworks of understanding », the « creative outcome » is the product of the interaction of similar perspectives[78, 94].

Multidisciplinary research: researchers from different disciplines work « in parallel » or « in sequence », each in keeping with his or her own disciplinary perspective, to address a common problem. Multidisciplinary research usually focuses on highly specific questions that are relatively limited in scope[75]. The « creative outcome » usually consists of scholarly work that is produced and diffused separately[74].

Interdisciplinary research: the research question being addressed is a mutual one and the work is done in common. This requires an integrated conceptual framework that draws from multiple perspectives and a common methodology that borrows from different fields[84]. However, each individual researcher still maintains his or her own disciplinary perspective[75]. The typical « creative outcome » may be a common publication, written in a shared language which both stems from and allows a common understanding[74].

Transdisciplinary research: this is the highest level of collaboration; maximal synthesis of individual expertise leads to expanding creativity and new insights[74, 78]. The subsequent emergence of novel conceptual frameworks requires and leads to novel language for their expression[74, 77, 84, 93-95]. These new concepts underlie original research questions that in turn require novel research methodology for their investigation[74, 77, 94, 95]. The « creative outcome » typically consists of shared publications that incorporate novel concepts and language, new research programs, even the emergence of hybrid disciplines[74, 75].

Lattuca and Creamer[96] proposed a constructivist model of cross-disciplinary research, *focused on process*[96], where « reality is experiential » and « understanding is relative »[74]. According to these authors, the central component of collaboration is the *relationship and interaction* between researchers[96], a key part of which is mutual learning between specialists[75, 77, 83, 96].

Both Rosenfield's and Lattuca and Creamer's models may inform our understanding of the enormous transformative power of crossing disciplinary boundaries[79, 95, 97]. Successfully integrating individual disciplines has the potential for generating completely novel concepts and innovative solutions that are difficult to reach for entrenched researchers[79, 95, 97].

Transdisciplinary research can obviously represent an enormous challenge[73, 83]; however, not all research projects require *transdisciplinarity*, as understood by Rosenfield. It is important that the prospective researcher understand that the required level of collaboration depends on specific research objectives and the particular circumstances of a given project. So whereas Kuhn's model helps inform the prospective researcher's understanding of the nature and breadth of the cultural divide between collaborators, Rosenfield's and Lattuca and Creamer's models help him or her determine the level to which this divide needs to be bridged in order to successfully conduct a project. Ultimately, team dynamics represent the mechanism through which this may be accomplished.

Theoretical models of teams

Successful collaborations require effective teamwork[78]. Teamwork doesn't happen by accident; it is *learned*, it is planned, and it requires ongoing investment of time and effort[78, 98]. As this has been recognized, attention is increasingly being devoted to "team science"[98]. The following is not meant as a comprehensive discussion on the subject, but rather a brief outline of key concepts to inform the reader's basic understanding.

Richard Hackman pioneered research into organizational behaviour in the 1970s[99]. Hackman suggests that in order to thrive, teams require a certain number of « enabling conditions ». Four of these conditions are prerequisite for success[99]:

An « irrefutable direction »: researchers from different backgrounds rarely share all three disciplinary matrix components, which can have a profound effect on group dynamics[79]. The foundation of any good team is a strong common sense of direction that « energizes, orients, and engages » its members[99]. This sense of direction has to translate into explicit common goals[99]. An informal or implied agreement is not sufficient. A common sense of direction is crucial, particularly when members come from different backgrounds[99].

A solid structure: teams require procedures and norms that discourage disruptive behaviour and encourage a positive group interactions[99].

A favorable context: there needs to be a positive work climate and a system that values and rewards good performance[99].

A common spirit: teams need to promote a common identity and understanding[99]. The sharing of information is the cornerstone of good collaboration and efficient teams have members with diverse backgrounds and knowledge bases that they communicate effectively to other members[99].

At the same time, Hackman described two insidious problems that threaten successful teamwork: an atmosphere of confrontation between collaborating groups, and a lack of effective communication[83, 99]. The most important take-away from these considerations is that among a wide range of possible factors, a relatively small number of key factors disproportionately affect outcomes; and these factors should weigh heavily in the decision making when putting together a team of cross-disciplinary collaborators[99].

Studies have shown that individuals within groups typically adopt one of eight stereotypical roles outlined in table XVI (p. 71)[89, 100]. It is important to recognize that all of these roles are important to success within a team, that they are complementary, that individuals may play more than one role at a time, and that individual roles may evolve throughout a project's life according to changing circumstances[89, 93, 100].

Table XVI: eight team roles[89, 100]

Plant	Introverted, intellectually dominant, creative, imaginative.
Coordinator	Presides the team and coordinates team efforts.
Monitor/Evaluator	Analysis oriented (as opposed to creative).
Implementer	Transforms ideas into discrete tasks, manages plans and deadlines.
Finisher	Checks details; insures compliance with deadlines and task completion.
Resource investigator	Sociable, relaxed, extroverted, enthusiastic. Responsible for team's « public relations ».
Shaper	Nervous, dominant, engaging, dynamic, courageous.
Team worker	Insures team cohesion; listens, supports, acts as a link between members.

A particularly important composite role in the setting of cross-disciplinary collaboration is that of « knowledge broker ». This is a key leadership role founded in boundary spanning metacompetencies[94, 95] that promotes shared expertise and the formulation of « unifying problems definitions around which people can coalesce »[94]. It has also been referred to as a form of transformational leadership[94] and achieves its function by guiding constructive

interactions, facilitating relationship building, developing and implementing effective communication strategies, and managing conflict[94, 95, 101]. This role also must be flexible and dynamic, adapting to changing requirements as the project moves forward[94]. As opposed to transactional leadership which aims to promote **stability** through a mechanism of incentives and penalties, transformational leadership aims to promote creativity and innovation, and thus **change**, through a clearly articulated vision, the setting of common goals, high expectations, encouragement and support[102]. As such, transformational leadership would seem ideally suited to the management of diversity within teams, a growing reality that is addressed below[102, 103].

Recommendations

It has been suggested that collaborations happen within three overlapping « spaces »: a relational space (relationships, understanding, trust); a semantic space (communication, documentation); and a physical space (time, location, context)[97]. It may be useful to review the ingredients for a successful collaboration within the context of these three spaces.

1) Relational space

In the previous discussion on disciplinary matrices, models of cross-disciplinary research, and successful teams, interpersonal relationships stand out as one of the most important determinants of success[76, 97].

Positive relationships allow the work to proceed in a climate of mutual respect where individual contributions are valued and where the multiplicity of viewpoints is perceived as an advantage[73, 79, 85, 92]. Openness to the language and culture of the other disciplines will facilitate productive interactions and participants will feel comfortable sharing their motivations, vision, and practical understanding of concepts applying to the data and methodology[74, 79, 104]. A « synergistic relationship » leading to a shared conceptual framework, a well-defined common problem, and an objective expressed in a shared language form the basis of successful

cross-disciplinary research[73, 74, 77, 79, 92, 94]. This is also an ongoing process that is flexible and calls for constant re-evaluation and evolution[93].

It is important to remember that positive working relationships are not automatic; they require dedicated investment of time and effort[97]. Sustained open communication, retreats, and workshops will help establish and cultivate a positive atmosphere and a sense of belonging that reinforces team morale and helps members develop a sense of personal ownership of the project, a sense of accountability, and a sense of engagement toward common goals[57, 73, 79, 83, 85].

2) Semantic space

Team structure: An appropriate selection of team members will have a direct impact on the quality of interpersonal relationships[76, 83, 105]. Good team chemistry will facilitate communication and the development of trusting relationships[105]. Appropriate selection will also facilitate the adoption of a well-defined working structure[73]; it will be easier to clarify the responsibilities and roles of each member[105] and maximize « goal directed use of individual skills »[88]; it will also be easier to elaborate well-structured work plans, establish timelines, delegate tasks[76], and periodically re-evaluate team functioning in order to bring about necessary adjustments[93, 105].

Diversity within groups is a growing reality that can be conceptualized as either demographic diversity or information diversity[103]. The effects of diversity are not fully understood and are the subject of ongoing research[103]. Although diversity may improve team performance by providing for the amalgamation of an array of knowledge and skills, diversity may also have negative effects on group cohesion[103]. For example, gender diversity has been shown to improve the collaborative process within teams[106] but has not consistently resulted in improved performance[106]. It is increasingly recognized that the effects of diversity are not fixed: in general they tend to evolve over time[103], they are highly modulated by context, and it would seem that an adapted and effective leadership style can maximize the potential of diversity while mitigating potential negative effects[103].

Documentation and communication

Meticulous advance planning and communication will help avoid subsequent misunderstandings and will foster mutual acceptance and trust between collaborators[107]. Objectives should be clearly stated, recognized by all participants, and documented[85]. Effective communication should be maintained at every step[83, 107] and any and all important information should be systematically shared between all team members[73, 107].

Conflicts arising within a team are particularly challenging[95, 98]. Conflicts may originate from differences in work habits, lack of understanding due to language differences, methodological differences, and scheduling issues[78, 98]. A particularly disruptive cause of conflict is non-participation[98]. It is essential to anticipate and mitigate the potential for conflict through clear terms of reference and institute effective conflict resolution strategies to deal with any conflicts in a respectful and constructive way. Oversight by academic or non-academic stakeholders (such as funding bodies) helps ensure the project's legitimacy, progression, and individual accountability[93].

3) Physical space

In addition to actual surroundings, the physical space also includes all of the physical tools that are required for and that promote effective communication and documentation, alluded to in the previous section[57, 73]. Although many tools are currently available to facilitate long-distance communications, physical proximity has been shown to be particularly important in improving team collaborations and in person meetings should be planned as part of any communications strategy[98]. Institutions can facilitate this process by planning « mixed science spaces » (see next section).

General tips for successful cross-disciplinary research are summarized in table XVII (p. 75).

Table XVII: the cross-disciplinary research team’s ingredients for success[3, 76, 79, 85, 86, 89, 93, 98]

Judicious choice of team members*
Early agreement on common goals and a common direction
Clarifications of the roles of each member
Establishment of a common timeline/schedule
Establishment of terms of reference
Explicit documentation of proceedings at every step
Effective communication and regular meetings
Establishment of a mechanism of oversight
Cultivation of interpersonal relationships
Early recognition of difficulties and application of corrective measures, where necessary **
*Prioritise integration into an established research team, if possible
**May require interrupting the collaboration

Institutional contributions

Optimal conditions for successful cross-disciplinary research also require a supportive institutional environment[74, 79, 85, 93, 95, 108]. So-called mixed science spaces can encourage casual meetings and exchanges between disciplines[78]. Designated resource persons (champions) can facilitate and support cross-disciplinary research collaborations[93, 101]. Institutions can help by providing oversight of research projects and ensuring mentorship for early-career researchers by senior faculty that can act both as their advisors and their advocates[79, 83, 93-95, 108]. Institutions can also help balance out disciplinary differences and ensure an equity of academic control to alleviate power differentials and, if necessary, assist in mediating conflict[78, 93, 95, 98]. Where appropriate, administrative regulations and requirements for academic advancement should be adapted, and institutions should consider facilitating access to funding, both through direct investments and the development of novel financial models[84, 93].

Cross-disciplinary research can also be promoted by novel research models, such as « participatory research » that aims to encourage collaboration between practitioners and theoreticians[57, 107]. Other novel research models of cross-disciplinary research include communities of practice, partnerships with industry and government, as well the creation of interdisciplinary networks[76, 79, 87, 95].

The increasingly recognized importance of cross-disciplinarity drives the need for educating current and future researchers in cross-disciplinary research and in team dynamics[86, 87, 93, 98] by incorporating cross-disciplinary research into curricula and integrating cross-disciplinary experiences within training programs[73, 83, 88, 93, 95, 98].

Table XVIII (p.76) summarizes the role that institutions can play in the support and development of cross-disciplinary research.

Table XVIII: role of the institution in cross-disciplinary research[74, 79, 93, 95, 108]

Recognize the importance of cross-disciplinary research and encourage contact between disciplines
Establish a system for mentoring young researchers
Provide oversight
When appropriate, adapt academic requirements
Encourage the development of novel research models
Revise curricula to incorporate training in cross-disciplinary research

Conclusion

Cross-disciplinary research is a potentially powerful tool for addressing complex research questions, and the above discussion is both relevant and applicable to research in medical education. However, conducting cross-disciplinary research can be a complex undertaking that should not be embarked upon lightly. The most important determinants of success by far are: communication, goal setting, and sharing a common sense of direction[74, 98]. This discussion

aimed to provide the reader with a helpful guide when considering and conducting a cross-disciplinary research project. Careful planning will help avoid potential pitfalls; early recognition of red flags and application of corrective measures will help maximize the likelihood of success[85].

5.2. Commentaire

Dans cette partie, j'ai repris les rubriques sélectionnées de l'article « *Challenges in medical education research: cross-disciplinary research* » que j'ai commentées à la lumière du projet de la présente recherche.

5.2.1 Problématiques individuelles et cultures institutionnelles

Pour moi, ce projet de maîtrise est un projet de début de carrière qui représentait une exigence départementale et un impératif de développement académique. Par contre, le travail interdisciplinaire met en jeu des individus dont les circonstances individuelles peuvent différer, ce qui peut affecter le déroulement d'un projet. Une disparité entre motivations, statuts universitaires, et exigences départementales est une question fondamentale qui mérite d'être reconnue et qu'on s'y attarde précocément, ce que nous avons omis de faire.

Au-delà des individus eux-mêmes, notre projet a aussi mis en jeu des domaines enracinés dans leurs cultures institutionnelles toutes particulières. En médecine clinique on traduit souvent les performances de l'appareil médical en termes de « mortalité », de « qualité de vie », et de « compétence » ou d'« incompétence » médicale (*généralisation symbolique*). La culture institutionnelle qui prévaut en sciences de la santé valorise l'essai randomisé contrôlé comme modèle de référence (*modèle*), par exemple lorsqu'il est question d'évaluer le bénéfice d'un nouveau médicament ou procédé chirurgical. On peut citer plusieurs exemples d'essais randomisés contrôlés qui ont marqué la pratique médicale et qui sont invoqués pour justifier certaines normes de pratique et qui pourraient donc être considérés comme des « *exemplars* ». En pédagogie, La notion de compétence ne fait pas référence à des mesures de performance au même titre qu'en médecine clinique. Elle a plutôt tendance à s'attarder aux changements cognitifs, par exemple, qui marquent le phénomène d'apprentissage. Les modèles de recherche font régulièrement appel à des techniques qualitatives qui sont souvent mieux adaptées à son objet d'étude (avec les rapprochements progressifs entre médecins et pédagogues dans les dernières années, certaines de ces distinctions deviennent cependant plus nuancées).

Toujours est-il que la perspective des cliniciens de l'équipe a probablement influencé de façon décisive le choix du modèle expérimental et le déroulement de l'étude; les choix ne semblent pas avoir fait l'objet d'une intégration de perspectives, un élément qui a probablement contribué aux difficultés que nous avons eues. Peut-être aurait-il été plus fructueux de poursuivre les démarches auprès d'autres unités académiques et d'investir dans un échange de fond entre collaborateurs dès les premiers contacts. L'optométrie et l'ophtalmologie sont des disciplines cliniques fortement apparentées à la médecine en termes de formation et de pratique et où la vision représente non seulement l'objet d'étude mais aussi l'outil fondamental d'évaluation clinique. Il n'est pas impossible que des démarches auprès de ces deux départements eussent mené à des collaborations plus fructueuses en raison de leur proximité culturelle.

5.2.2 Application de modèles théoriques du travail inter-disciplinaire en recherche

L'entente informelle entre les chercheurs de notre groupe consistait à ce que l'équipe de psychologie *fournisse des outils* matériels, informatiques et mathématiques issus de leur domaine d'expertise permettant l'analyse de problématiques relatives à l'imagerie médicale *telles qu'entendues par l'équipe de collaborateurs médicaux*. Le projet qui a été présenté aux psychologues lors du premier contact a été construit sur le fondement d'une série de présuppositions et d'hypothèses issues de la littérature médicale mais sans leur participation active, mis à part quelques raffinements ultérieurs d'ordre méthodologique. On pourrait donc conceptualiser les divers participants comme concepteurs d'une part (l'équipe médicale) et fournisseurs de service, d'autre part (l'équipe de psychologie) et dont le travail commun ne correspond donc pas au modèle inter-disciplinaire tel qu'entendu par Rosenfield. Cette collaboration correspond à ce que Rosenfield définit comme étude multidisciplinaire, une forme de collaboration très élémentaire selon la conception de cette dernière.

L'absence de modèle théorique intégratif issu d'une réflexion commune a eu deux conséquences; premièrement, une impasse lors des premiers enregistrements oculométriques du radiologiste qui ont révélé des trouvailles inattendues; et deuxièmement, l'impossibilité d'expliquer les différences oculométriques entre les deux groupes d'étudiants au terme de l'étude. C'était donc un point de départ mal adapté à nos objectifs de recherche, qui auraient exigé une collaboration de plus haut niveau.

Ceci dit, j'ai beaucoup apprécié le contact avec des chercheurs d'une autre discipline qui a ouvert mes horizons sur des connaissances totalement nouvelles. J'ai eu l'occasion de réviser des ouvrages sur la perception visuelle en général, ainsi que sur les mouvements oculaires plus spécifiquement. Par contre, un réel cadre de travail inter-disciplinaire m'aurait permis d'en tirer un tout cohérent plutôt qu'une série de notions intéressantes mais désorganisées. J'aurais eu besoin d'orientation par des experts en sciences de la vision et en oculométrie. Nous aurions eu du travail à faire, d'un côté comme de l'autre, pour maximiser le fruit de nos interactions. Ce me semble être une expression des notions d'interaction et d'apprentissage avancées par Lattuca et Creamer (2005).

5.2.3 Fonctionnement en équipe

Une erreur majeure que nous avons commise est de ne pas nous être clairement entendus avec nos collaborateurs sur des objectifs communs dès le départ, de ne pas les avoir explicités, et de ne pas les avoir *documentés par écrit*. Des objectifs clairement partagés auraient contribué à définir une direction commune (notion de « direction irréfutable » discutée dans la section 5.1 « *Challenges in medical education research: cross-disciplinary research* »), un pré-requis fondamental qui augmente les chances de réussite. L'équipe aurait également bénéficié de « normes de travail » plus structurées, en faisant référence au respect des échéanciers et à l'efficacité des communications, entre autres. Ceci aurait minimisé la survenue d'incertitudes, de malentendus, et le potentiel de frustrations latentes.

5.2.4 Réflexions sur les problématiques vécues

Je suis d'avis que l'objectif au départ le plus important est de prendre le temps de faire connaissance pour se permettre d'apprécier la compatibilité des personnalités et des visions, de reconnaître les terrains de convergence et de divergence, et d'apprécier les possibilités de rapprochement idéologique. Il faut du temps et de la flexibilité pour permettre à tous les collaborateurs d'apprivoiser le projet et de s'y engager mutuellement.

Après des premières rencontres « exploratoires », je crois qu'il aurait été primordial d'avoir une discussion franche et ouverte avec un conseiller d'expérience quant aux impressions qui se dégagent de ces échanges. Une réflexion de cette nature exige une acuité particulière où le discernement d'un acteur d'expérience devient indispensable. Il est important de répertorier les terrains d'entente mais tout aussi important (sinon plus) de déceler précocement les signaux d'alarme. Il faut aussi être capable de distinguer les problématiques irrécupérables des obstacles potentiellement surmontables et des défis plus « banals » qui sont le lot du travail de chercheur. De telles considérations devraient être contrebalancées par des stratégies potentielles de remédiation et devraient certainement être rediscutées ouvertement avec les collaborateurs avant de prendre une décision quant à la faisabilité du projet. Cependant les conclusions de Hackman sont claires : la polarisation et le désengagement sont les deux principaux écueils qui guettent les travaux inter-disciplinaires. Les échéanciers repoussés, les communications unidirectionnelles et les initiatives unilatérales sont des exemples de signaux d'alarme qui soulèvent des problématiques de fond et que le chercheur devrait reconnaître.

Afin de maximiser les chances de succès, un travail inter-disciplinaire pourrait être soumis à une figure d'autorité officiellement reconnue. Cette figure d'autorité pourrait prendre la forme d'un individu plus haut placé dans la hiérarchie départementale, une personne d'expérience qui puisse agir à la fois comme mentor, comme précepteur, comme personne-ressource et comme conseiller. Cet individu, présent dès le début du travail inter-disciplinaire, pourrait aussi être une personne en mesure d'assurer un suivi en cours de route et qui 1) représente une autorité morale à laquelle répondent les chercheurs; 2) ouvre des voies additionnelles de communication; 3) apporte appui et orientation à travers une vision plus globale du déroulement, au-delà des détails techniques du projet; et 4) dans le cas où des problématiques majeures de fonctionnement ou des situations conflictuelles surviendraient, assure un 2^e palier d'appel et une alternative de médiation.

Cette figure d'autorité pourrait également prendre la forme d'une autorité extérieure, par exemple, un organisme boursier, qui aiderait à tracer une feuille de route établissant des exigences claires pour tous les membres et permettrait de consolider le sens de direction commune du travail. Nous avons effectivement fait des démarches en ce sens mais une demande

de bourse au Collège Royal des Médecins et Chirurgiens du Canada n'a pas été retenue. Avoir exploré plus à fond d'autres avenues de bourses aurait possiblement été profitable, mais évidemment ceci aurait exigé des démarches et du temps supplémentaire sans être garant de succès pour autant.

Finalement, j'ai retenu trois thématiques relatives à des questions d'administration et de documentation pour discussion :

1) Encadrement. A mon avis il pourrait être utile qu'un travail inter-disciplinaire soit officiellement entériné et enregistré par chacune des unités académiques participantes, dans le but de donner au projet une valeur reconnue et aussi d'assurer un palier de recours supplémentaire en cas de litige. D'un autre côté, il faut reconnaître qu'une telle ratification peut difficilement *remplacer* un engagement authentique des parties.

2) Entente explicite. Nous n'avons jamais conclu d'entente de collaboration explicite avec nos partenaires psychologues mais nous nous sommes tous un peu précipités sous l'influence d'un élan d'enthousiasme. Le projet a donc été construit sur un fondement de sous-entendus et les rôles des participants n'ont jamais été ni très clairement définis ni documentés. La littérature est claire : c'est une recette pour l'échec.

3) Suivi. Un facteur déterminant qui a contribué à l'échec du projet est la carence de suivi étroit sous forme de réunions régulières avec tous les membres qui auraient pu permettre d'identifier précocement des problèmes, apporter des correctifs, reconnaître des signaux d'alarme et ré-enligner ou interrompre le projet en temps opportun.

Conclusions finales

En guise de conclusion, je me permets d'illustrer brièvement les fruits de cette réflexion à la lumière d'un nouveau projet que j'ai initié au cours des derniers mois.

Je suis demeuré malgré tout convaincu du bien-fondé de l'oculométrie en pédagogie médicale et j'ai décidé d'étudier l'oculométrie appliquée à la chirurgie minimalement invasive, où l'utilisation d'instruments effilés à travers des mini-incisions occasionne la perte de sensation tactile et une dépendance presque complète du chirurgien sur des informations visuelles provenant d'un écran vidéoscopique.

J'ai planifié mes démarches de façon à être conséquent avec toute la discussion qui précède. Il a fallu commencer par identifier un nouveau collaborateur en oculométrie. J'ai d'abord approché le département d'ophtalmologie et l'école d'optométrie en posant le jugement que ces deux disciplines sont idéologiquement proches de la mienne. J'ai aussi multiplié les démarches auprès de plusieurs milieux académiques et plusieurs institutions. J'ai pris le temps d'avoir plusieurs discussions substantielles avec plusieurs experts. Le choix se sera finalement arrêté sur un psychologue-chercheur qui a démontré son intérêt de façon concrète en étant entreprenant dans ses communications, accessible, et accommodant dans son horaire et ses offres de rencontres et de déplacement. En contrepartie, un autre chercheur au contact initial prometteur s'est montré peu accessible et peu engagé; ce dernier n'a pas été retenu.

Ces démarches se sont étendues sur plusieurs mois. Parallèlement j'ai travaillé au développement d'une série de formations en chirurgie thoracoscopique au niveau national en collaboration avec des collègues chirurgiens (que je connais très bien et avec qui je collabore régulièrement, assurant une bonne chimie) et avec l'appui d'un partenaire corporatif qui en assure l'organisation et le financement. Ce dernier a encouragé l'intégration de la recherche oculométrique au programme de formation technique et assure rigoureusement la supervision de l'ensemble du projet. Pour m'aider dans tout ce processus, j'avais élaboré une liste de vérification comportant les points qui m'apparaissaient particulièrement importants pour 1) satisfaire le mieux possible

les exigences d'un travail inter-disciplinaire réussi et 2) de prévoir adéquatement les questions de recrutement. Cette liste est présentée dans le tableau XIX, p. 84.

Tableau XIX : une liste de vérification du chercheur

Choix judicieux des collaborateurs.	✓
Priorisation d'une équipe préétablie.	✓
Accord sur les objectifs et le plan de projet.	En cours
Documentation des procédures.	✓
Calendrier rigoureux.	✓
Communication efficace.	✓
Mécanisme de supervision.	✓
Choix judicieux des participants.	✓
Plan de recrutement établi avec collaborateurs.	✓
Incitatifs pour les participants.	✓
Modèle expérimental adapté.	✓

Les formations sont en place depuis un an; elles ont suscité l'enthousiasme des résidents qui bénéficient d'un complément essentiel à leur formation, de la possibilité de réseautage et d'interaction avec des experts invités de renom, et du remboursement intégral des frais de séjour et de déplacement. L'utilisation d'instruments oculométriques portables (maintenant disponibles à travers notre nouveau collaborateur) permettra d'harmoniser les séances d'oculométrie avec les séances didactiques et le programme de formation technique, sans exiger de déplacement ni interférer avec les autres activités prévues. Le devis tiendra compte des contraintes de temps et le plan expérimental sera prévu en conséquence. Tous ces éléments devraient permettre de maximiser le potentiel de recrutement et de mettre à profit les ressources matérielles et humaines disponibles.

En terminant, le projet rapporté dans ce mémoire aura permis de réviser les applications potentielles d'une nouvelle technologie à la pédagogie médicale, mais des difficultés d'ordre

méthodologiques reliées à la participation des étudiants et au travail inter-disciplinaire ont limité la capacité d'analyse des résultats. Une revue de littérature démontre que ces difficultés ne sont pas isolées et a permis d'identifier des pistes de solution. Cette réflexion aura eu comme résultat final de nourrir la conviction du potentiel pédagogique de l'oculométrie et la motivation de développer un nouveau programme de recherche intégral en sciences de la vision et en formation médicale.

Sources documentaires

1. Jeffrey, D. R., Goddard, P. R., Callaway, M. P., & Greenwood, R. (2003). *Chest radiograph interpretation by medical students*. *Clinical radiology*, 58(6), 478-481.
2. Eisen, L. A., Hegde, A., Berger, J. S., Narasimhan, M., & Schneider, R. F. (2005). *Competency in chest radiography: A comparison of Medical students, Residents and Fellows*. *Chest*, 128(4), 343S.
3. Subramaniam, R. M., Hall, T., Chou, T., & Sheehan, D. (2005). *Radiology knowledge in new medical graduates in New Zealand*.
4. O'Brien, K. E., Cannarozzi, M. L., Torre, D. M., Mechaber, A. J., & Durning, S. J. (2008). *Training and assessment of CXR/basic radiology interpretation skills: results from the 2005 CDIM Survey*. *Teaching and learning in medicine*, 20(2), 157-162.
5. Manning, D. J., Ethell, S. C., & Donovan, T. (2004). *Detection or decision errors? Missed lung cancer from the posteroanterior chest radiograph*. *The British journal of radiology*, 77(915), 231-235.
6. Leong, J. J. H., Nicolaou, M., Emery, R. J., Darzi, A. W., & Yang, G. Z. (2007). *Visual search behaviour in skeletal radiographs: a cross-speciality study*. *Clinical radiology*, 62(11), 1069-1077.
7. Reddy, G. P., Mullan, B. F., Nath, H. P., Green, C. E., Batra, P. V., Wexler, L., ... & Kazerooni, E. A. *A curriculum in cardiothoracic radiology for medical students with goals and objectives*.
8. Gunderman, R.B., et al., *The vital role of radiology in the medical school curriculum*. *American Journal of Roentgenology*, 2003. 180(5): p. 1239-1242.
9. Chew, F. S. (2002). *Distributed radiology clerkship for the core clinical year of medical school*. *Academic medicine: journal of the Association of American Medical Colleges*, 77(11), 1162-1163.
10. Shaffer, K., Ng, J. M., & Hirsh, D. A. (2009). *An integrated model for radiology education: development of a year-long curriculum in imaging with focus on ambulatory and multidisciplinary medicine*. *Academic radiology*, 16(10), 1292-1301.

11. Miller, A., Rudland, J., Hurrell, M., & Ali, A. (2009). *Rad-Path: integrated anatomical pathology and radiology undergraduate tutorials*. *Pathology*, 41(5), 460-466.
12. Magid, D., D.W. Hudson, and D.S. Feigin, *Chest radiographic anatomy retention: the impact of preclinical groundwork on clinical recall in two schools*. *Academic radiology*, 2009. 16(11): p. 1443-1447.
13. Mello-Thoms, C. (2003). *Perception of breast cancer: eye-position analysis of mammogram interpretation*. *Academic radiology*, 10(1), 4-12.
14. Ahissar, E., Arieli, A., Fried, M., & Bonneh, Y. (2016). *On the possible roles of microsaccades and drifts in visual perception*. *Vision Research*, 118, 25-30.
15. Manning, D., Ethell, S., Donovan, T., & Crawford, T. (2006). *How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules*. *Radiography*, 12(2), 134-142.
16. Kok, E. M., De Bruin, A. B., Robben, S. G., & Van Merriënboer, J. J. (2012). *Looking in the same manner but seeing it differently: Bottom-up and expertise effects in radiology*. *Applied Cognitive Psychology*, 26(6), 854-862.
17. Matsumoto, H., Terao, Y., Yugeta, A., Fukuda, H., Emoto, M., Furubayashi, T., ... & Ugawa, Y. (2011). *Where do neurologists look when viewing brain CT images? An eye-tracking study involving stroke cases*. *PloS one*, 6(12), e28928.
18. Spring, M. and M. Carrasco, *Acting without seeing: eye movements reveal visual processing without awareness*. *Trends in neurosciences*, 2015. **38**(4): p. 247-258.
19. Drew, T., Evans, K., Võ, M. L. H., Jacobson, F. L., & Wolfe, J. M. (2013). *Informatics in radiology: what can you see in a single glance and how might this guide visual search in medical images?*. *Radiographics*, 33(1), 263-274.
20. Yuval-Greenberg, S., Merriam, E. P., & Heeger, D. J. (2014). *Spontaneous microsaccades reflect shifts in covert attention*. *Journal of Neuroscience*, 34(41), 13693-13700.
21. Reed, W. M., Ryan, J. T., McEntee, M. F., Evanoff, M. G., & Brennan, P. C. (2011). *The effect of abnormality-prevalence expectation on expert observer performance and visual search*. *Radiology*, 258(3), 938-943.
22. Bertram, R., Helle, L., Kaakinen, J. K., & Svedström, E. (2013). *The effect of expertise on eye movement behaviour in medical image perception*. *PloS one*, 8(6), e66169.

23. Krupinski, E. A., Graham, A. R., & Weinstein, R. S. (2013). *Characterizing the development of visual search expertise in pathology residents viewing whole slide images*. *Human pathology*, 44(3), 357-364.
24. Mallett, S., Phillips, P., Fanshawe, T. R., Helbren, E., Boone, D., Gale, A., ... & Halligan, S. (2014). *Tracking eye gaze during interpretation of endoluminal three-dimensional CT colonography: visual perception of experienced and inexperienced readers*. *Radiology*, 273(3), 783-792.
25. Levenshtein, V. I. (1966, February). *Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals*. In *Soviet physics doklady* (Vol. 10, No. 8, pp. 707-710).
26. Kundel, H. L., Nodine, C. F., & Toto, L. (1991). *Searching for lung nodules. The guidance of visual scanning*. *Investigative radiology*, 26(9), 777-781.
27. Kundel, H.L., et al., *Searching for Lung Nodules A Comparison of Human Performance with Random and Systematic Scanning Models*. *Investigative Radiology*, 1987. 22(5): p. 417-422.
28. Lesgold, A., Rubinson, H., Feltovich, P., Glaser, R., Klopfer, D., & Wang, Y. (1988). *Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures*. In *The nature of expertise* (pp. 311–342). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
29. Tourassi, G., Voisin, S., Paquit, V., & Krupinski, E. (2013). *Investigating the link between radiologists' gaze, diagnostic decision, and image content*. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 20(6), 1067-1075.
30. Nodine, C. F., Mello-Thoms, C., Kundel, H. L., & Weinstein, S. P. (2002). *Time course of perception and decision making during mammographic interpretation*. *American journal of roentgenology*, 179(4), 917-923.
31. Rubin, G. D., Roos, J. E., Tall, M., Harrawood, B., Bag, S., Ly, D. L., ... & Roy Choudhury, K. (2014). *Characterizing search, recognition, and decision in the detection of lung nodules on CT scans: elucidation with eye tracking*. *Radiology*, 274(1), 276-286.
32. Manning, D., Barker-Mill, S. C., Donovan, T., & Crawford, T. (2006). *Time-dependent observer errors in pulmonary nodule detection*. *The British journal of radiology*, 79(940), 342-346.
33. Tan, A., Lewis, S., Mello-thoms, C., Reed, W., Pietryzk, M., Mcentee, M., & Brennan, P. (2014). *What can radiologists see? An eye-tracking and performance study in priming*

- radiologists to finding breast cancers*. Journal of Medical Imaging and Radiology Oncology, 58, 170.
34. Gramopadhye, A. K., Drury, C. G., & Prabhu, P. V. (1997). *Training strategies for visual inspection*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 7(3), 171-196.
 35. Sadasivan, S., & Gramopadhye, A. K. (2007, July). *Can we use technology to train inspectors to be more systematic?*. In International Conference on Digital Human Modeling (pp. 959-968). Springer, Berlin, Heidelberg.
 36. Sadasivan, S., Nalanagula, D., Greenstein, J., Gramopadhye, A., & Duchowski, A. (2004, January). *Training novice inspectors to adopt an expert's search strategy*. In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 1). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
 37. Wang, M. J. J., Lin, S. C., & Drury, C. G. (1997). *Training for strategy in visual search*. International Journal of Industrial Ergonomics, 20(2), 101-108.
 38. Nalanagula, D., Greenstein, J. S., & Gramopadhye, A. K. (2006). Evaluation of the effect of feedforward training displays of search strategy on visual search performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(4), 289–300.
 39. Sadasivan, S., & Gramopadhye, A. K. (2009). *Technology to support inspection training in the general aviation industry: Specification and design*. International journal of industrial ergonomics, 39(4), 608-620.
 40. Jason D. Keune, M.E.B., Elizabeth Hohmann, James R. Korndorffer, Debra F. Weinstein, Douglas, S. Smink, *The ethics of conducting graduate medical education research on residents*. Academic Medicine, 2013. 88(4): p. 449-5.
 41. Kubitskey, B. W., Vath, R. J., Johnson, H. J., Fishman, B. J., Konstantopoulos, S., & Park, G. J. (2012). *Examining study attrition: Implications for experimental research on professional development*. Teaching and Teacher Education, 28(3), 418-427.
 42. Kalet, A., Ellaway, R. H., Song, H. S., Nick, M., Sarpel, U., Hopkins, M. A., ... & Pusic, M. V. (2013). *Factors influencing medical student attrition and their implications in a large multi-center randomized education trial*. Advances in Health Sciences Education, 18(3), 439-450.

43. Stovel, R. G., Ginsburg, S., Stroud, L., Cavalcanti, R. B., & Devine, L. A. (2018). *Incentives for recruiting trainee participants in medical education research*. *Medical teacher*, 40(2), 181-187.
44. Sarpel, U., Hopkins, M., More, F., Yavner, S., Pusic, M., Nick, M., ... & Kalet, A. (2013). *Medical students as human subjects in educational research*. *Medical education online*, 18(1), 19524.
45. Leentjens, A. F., & Levenson, J. L. (2013). *Ethical issues concerning the recruitment of university students as research subjects*. *Journal of psychosomatic research*, 75(4), 394-398.
46. Rocchi, M., Beaudry, S. G., Anderson, C., & Pelletier, L. G. (2016). *The perspective of undergraduate research participant pool nonparticipants*. *Teaching of Psychology*, 43(4), 285-293.
47. Kaba, A., & Beran, T. (2014). *Twelve tips to guide effective participant recruitment for interprofessional education research*. *Medical teacher*, 36(7), 578-584.
48. Forester, J. P., & McWhorter, D. L. (2005). *Medical students' perceptions of medical education research and their roles as participants*. *Academic Medicine*, 80(8), 780-785.
49. Phillips, A. W., Reddy, S., & Durning, S. J. (2016). *Improving response rates and evaluating nonresponse bias in surveys: AMEE Guide No. 102*. *Medical teacher*, 38(3), 217-228.
50. Wang, A. Y., & Jentsch, F. G. (1998). *Point-of-time effects across the semester: Is there a sampling bias?*. *The Journal of psychology*, 132(2), 211-219.
51. Cook, D. A., & Beckman, T. J. (2010). *Reflections on experimental research in medical education*. *Advances in health sciences education*, 15(3), 455-464.
52. Torgerson, C. J. (2002). *Educational research and randomised trials*. *Medical education*, 36(11), 1002-1003.
53. Beckman, T. J., & Cook, D. A. (2007). *Developing scholarly projects in education: a primer for medical teachers*. *Medical teacher*, 29(2-3), 210-218.
54. Colliver, J. A., & McGaghie, W. C. (2008). *The Reputation of Medical Education Research: Quasi-Experimentation and Unresolved Threats to Validity*. *Teaching and Learning in Medicine*, 20(2), 101-103.

55. Norman, G. (2003). *RCT= results confounded and trivial: the perils of grand educational experiments*. *Medical education*, 37(7), 582-584.
56. Shea, J. A. (2001). *Mind the gap: some reasons why medical education research is different from health services research*. *Medical education*, 35(4), 319-320.
57. Flicker, S., & Nixon, S. A. (2016). *Writing peer-reviewed articles with diverse teams: considerations for novice scholars conducting community-engaged research*. *Health promotion international*, 33(1), 152-161.
58. Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (1993). *How to design and evaluate research in education* (Vol. 7). New York: McGraw-Hill.
59. Cook, D. A. (2012). *Randomized controlled trials and meta-analysis in medical education: what role do they play?*. *Medical teacher*, 34(6), 468-473.
60. Sharp, E. C., Pelletier, L. G., & Lévesque, C. (2006). *The double-edged sword of rewards for participation in psychology experiments*. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 38(3), 269.
61. Bowman, L. L., & Waite, B. M. (2003). *Volunteering in research: Student satisfaction and educational benefits*. *Teaching of Psychology*, 30(2), 102-106.
62. Krawczyk, M. (2011). *What brings your subjects to the lab? A field experiment*. *Experimental Economics*, 14(4), 482-489.
63. Van Lange, P. A., Schippers, M., & Balliet, D. (2011). *Who volunteers in psychology experiments? An empirical review of prosocial motivation in volunteering*. *Personality and individual differences*, 51(3), 279-284.
64. Callahan, C. A., Hojat, M., & Gonnella, J. S. (2007). *Volunteer bias in medical education research: an empirical study of over three decades of longitudinal data*. *Medical education*, 41(8), 746-753.
65. Marcus, B., & Schütz, A. (2005). *Who are the people reluctant to participate in research? Personality correlates of four different types of nonresponse as inferred from self-and observer ratings*. *Journal of personality*, 73(4), 959-984.
66. Roberts, L. D., & Allen, P. J. (2013). *A brief measure of student perceptions of the educational value of research participation*. *Australian Journal of Psychology*, 65(1), 22-29.

67. Nimmer, J. G., & Handelsman, M. M. (1992). *Effects of subject pool policy on student attitudes toward psychology and psychological research*. *Teaching of Psychology*, 19(3), 141-144.
68. Chen, R. P. (2011). *Student participation in health professions education research: in pursuit of the Aristotelian mean*. *Advances in health sciences education*, 16(2), 277-286.
69. Leak, G. K. (1981). *Student perception of coercion and value from participation in psychological research*. *Teaching of Psychology*, 8(3), 147-149.
70. Rosell, M. C., Beck, D. M., Luther, K. E., Goedert, K. M., Shore, W. J., & Anderson, D. D. (2005). *The pedagogical value of experimental participation paired with course content*. *Teaching of Psychology*, 32(2), 95-99.
71. Wayment, H. A., & Dickson, K. L. (2008). *Increasing student participation in undergraduate research benefits students, faculty, and department*. *Teaching of Psychology*, 35(3), 194-197.
72. Kano, M., Getrich, C. M., Romney, C., Sussman, A. L., & Williams, R. L. (2015). *Costs and inconsistencies in US IRB review of low-risk medical education research*. *Medical education*, 49(6), 634-637.
73. Bindler, R. C., Richardson, B., Daratha, K., & Wordell, D. (2012). *Interdisciplinary health science research collaboration: strengths, challenges, and case example*. *Applied Nursing Research*, 25(2), 95-100.
74. Aboelela, S. W., Larson, E., Bakken, S., Carrasquillo, O., Formicola, A., Glied, S. A., ... & Gebbie, K. M. (2007). *Defining interdisciplinary research: Conclusions from a critical review of the literature*. *Health services research*, 42(1p1), 329-346.
75. Rosenfield, P. L. (1992). *The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences*. *Social science & medicine*, 35(11), 1343-1357.
76. O'Sullivan, P. S., Stoddard, H. A., & Kalishman, S. (2010). *Collaborative research in medical education: a discussion of theory and practice*. *Medical education*, 44(12), 1175-1184.
77. McCallin, A. M. (2006). *Interdisciplinary researching: Exploring the opportunities and risks of working together*. *Nursing & health sciences*, 8(2), 88-94.

78. Siemens, L., Liu, Y., & Smith, J. (2014). *Mapping Disciplinary Differences and Equity of Academic Control to Create a Space for Collaboration*. Canadian Journal of Higher Education, 44(2), 49-67.
79. Giacomini, M. (2004). *Interdisciplinarity in health services research: dreams and nightmares, maladies and remedies*. Journal of Health Services Research & Policy, 9(3), 177-183.
80. Mattick, K., Barnes, R., & Dieppe, P. (2013). *Medical education: a particularly complex intervention to research*. Advances in Health Sciences Education, 18(4), 769-778.
81. Craig, P., Dieppe, P., Macintyre, S., Michie, S., Nazareth, I., & Petticrew, M. (2008). *Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance*. British Medical Journal, 337, a1655.
82. Armstrong, P. W. (2006). *Advancing interdisciplinary health research: a synergism not to be denied*. Canadian Medical Association Journal, 175(7), 761-761.
83. Schmidt, A. H., Robbins, A. S., Combs, J. K., Freeburg, A., Jespersen, R. G., Rogers, H. S., ... & Wheat, E. (2012). *A new model for training graduate students to conduct interdisciplinary, interorganizational, and international research*. Bioscience, 62(3), 296-304.
84. Grey, M., & Connolly, C. A. (2008). *"Coming together, keeping together, working together": Interdisciplinary to transdisciplinary research and nursing*. Nursing outlook, 56(3), 102-107.
85. Huggett, K. N., Gusic, M. E., Greenberg, R., & Ketterer, J. M. (2011). *Twelve tips for conducting collaborative research in medical education*. Medical teacher, 33(9), 713-718.
86. Neuhauser, L., Richardson, D. M., Mackenzie, S., & Minkler, M. (2007). *Advancing transdisciplinary and translational research practice: Issues and models of doctoral education in public health*. Journal of Research Practice.
87. Schwartz, A., Young, R., Hicks, P. J., & APPD LEARN, F. (2016). *Medical education practice-based research networks: facilitating collaborative research*. Medical teacher, 38(1), 64-74.

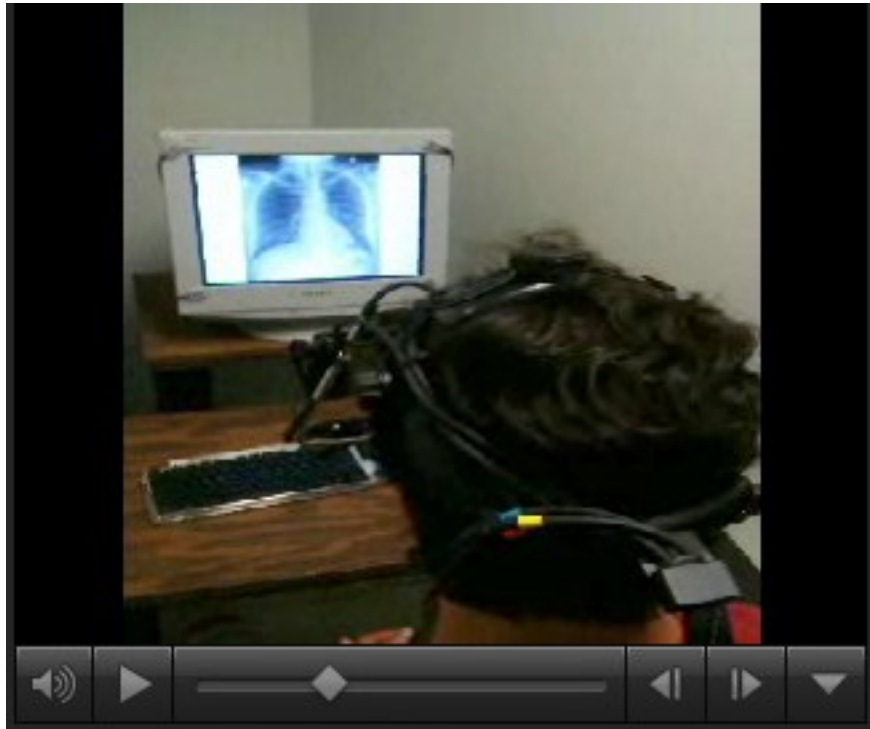
88. Peffer, M., & Renken, M. (2016). *Practical strategies for collaboration across discipline-based education research and the learning sciences*. *CBE—Life Sciences Education*, 15(4), es11.
89. Stanley, D., & Anderson, J. (2015). *Advice for running a successful research team*. *Nurse Researcher* (2014+), 23(2), 36.
90. Kuhn, T. S. (1970b). *The structure of scientific revolutions* (2d ed.). Chicago: University of Chicago Press.
91. Kuhn, T. S. (1970a). The function of dogma in scientific research. In B. A. Brody, *Readings in the philosophy of science*. (pp. 347–369). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
92. Lieberman, A. (1986). *Collaborative research: Working with, not working on*. *Educational leadership*, 43(5), 28-32.
93. Allen-Scott, L. K., Buntain, B., Hatfield, J. M., Meisser, A., & Thomas, C. J. (2015). *Academic institutions and one health: building capacity for transdisciplinary research approaches to address complex health issues at the animal–human–ecosystem interface*. *Academic Medicine*, 90(7), 866.
94. Pennington, D. (2010). *Enabling science and technology research teams: A breadmaking metaphor*. *Educause Quarterly*, 33(1).
95. Moore, M., Martinson, M. L., Nurius, P. S., & Kemp, S. P. (2018). *Transdisciplinarity in research: Perspectives of early career faculty*. *Research on Social Work Practice*, 28(3), 254-264.
96. Lattuca, L. R., & Creamer, E. G. (2005). *Learning as professional practice*. *New Directions for Teaching and Learning*, 2005(102), 3-11.
97. Clark, J., Laing, K., Leat, D., Lofthouse, R., Thomas, U., Tiplady, L., & Woolner, P. (2017). *Transformation in interdisciplinary research methodology: the importance of shared experiences in landscapes of practice*. *International Journal of Research & Method in Education*, 40(3), 243-256.
98. Sturner, K. K., Bishop, P., & Lenhart, S. M. (2017). *Developing Collaboration Skills in Team Undergraduate Research Experiences*. *Primus*, 27(3), 370-388.
99. Haas, M., & Mortensen, M. (2016). *The secrets of great teamwork*. *Harvard business review*, 94(6), 70-6.

100. Belbin, R. M. (2010). *Management teams*. Routledge.
101. Urquhart, R., Porter, G. A., & Grunfeld, E. (2011). *Reflections on knowledge brokering within a multidisciplinary research team*. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 31(4), 283-290.
102. Schaubroeck, J., Lam, S. S., & Cha, S. E. (2007). *Embracing transformational leadership: team values and the impact of leader behavior on team performance*. *Journal of applied psychology*, 92(4), 1020-1030.
103. Kearney, E., & Gebert, D. (2009). Managing diversity and enhancing team outcomes: the promise of transformational leadership. *Journal of applied psychology*, 94(1), 77-89.
104. Eigenbrode, S. D., O'rourke, M., Wulfhorst, J. D., Althoff, D. M., Goldberg, C. S., Merrill, K., ... & Bosque-Pérez, N. A. (2007). *Employing philosophical dialogue in collaborative science*. *AIBS Bulletin*, 57(1), 55-64.
105. Amabile, T. M., Patterson, C., Mueller, J., Wojcik, T., Odomirok, P. W., Marsh, M., & Kramer, S. J. (2001). *Academic-practitioner collaboration in management research: A case of cross-profession collaboration*. *Academy of Management Journal*, 44(2), 418-431.
106. Bear, J. B., & Woolley, A. W. (2011). *The role of gender in team collaboration and performance*. *Interdisciplinary science reviews*, 36(2), 146-153.
107. LeGris, J., Weir, R., Browne, G., Gafni, A., Stewart, L., & Easton, S. (2000). *Developing a model of collaborative research: the complexities and challenges of implementation*. *International Journal of Nursing Studies*, 37(1), 65-79.
108. Hager, K., St Hill, C., Prunuske, J., Swanoski, M., Anderson, G., & Lutfiyya, M. N. (2016). *Development of an interprofessional and interdisciplinary collaborative research practice for clinical faculty*. *Journal of interprofessional care*, 30(2), 265-267.

Annexes

Annexe 1. Laboratoire d'oculométrie

Laboratoire d'oculométrie, Département de psychologie, Université de Montréal.



Annexe 2. Fiche technique de l'appareil oculométrique

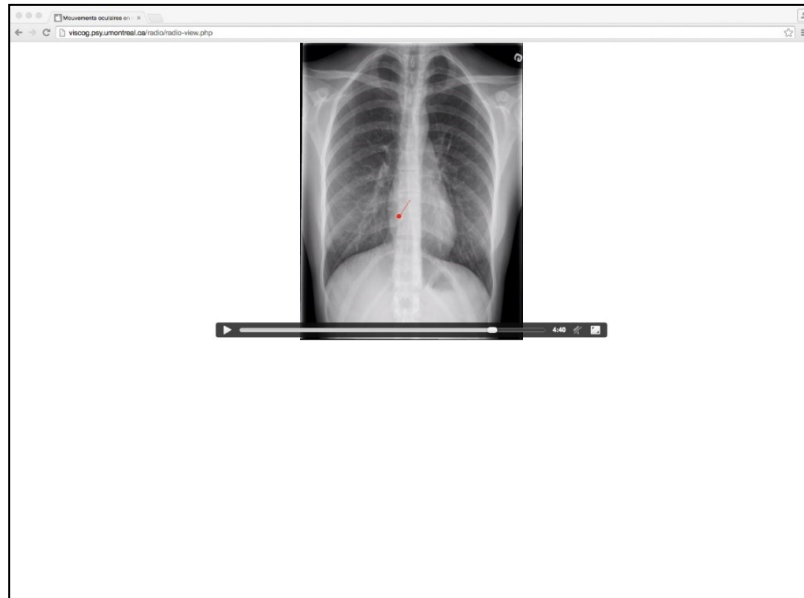
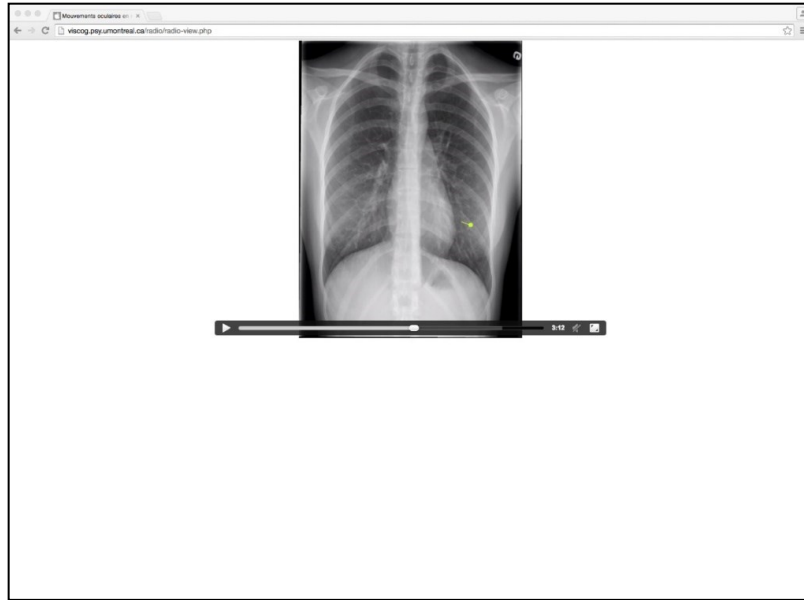
Appareil oculométrique du département de psychologie de l'Université de Montréal;
Eyelink II™ (SR Research SR Research Ltd., Mississauga, Ontario, Canada).

Fiche technique

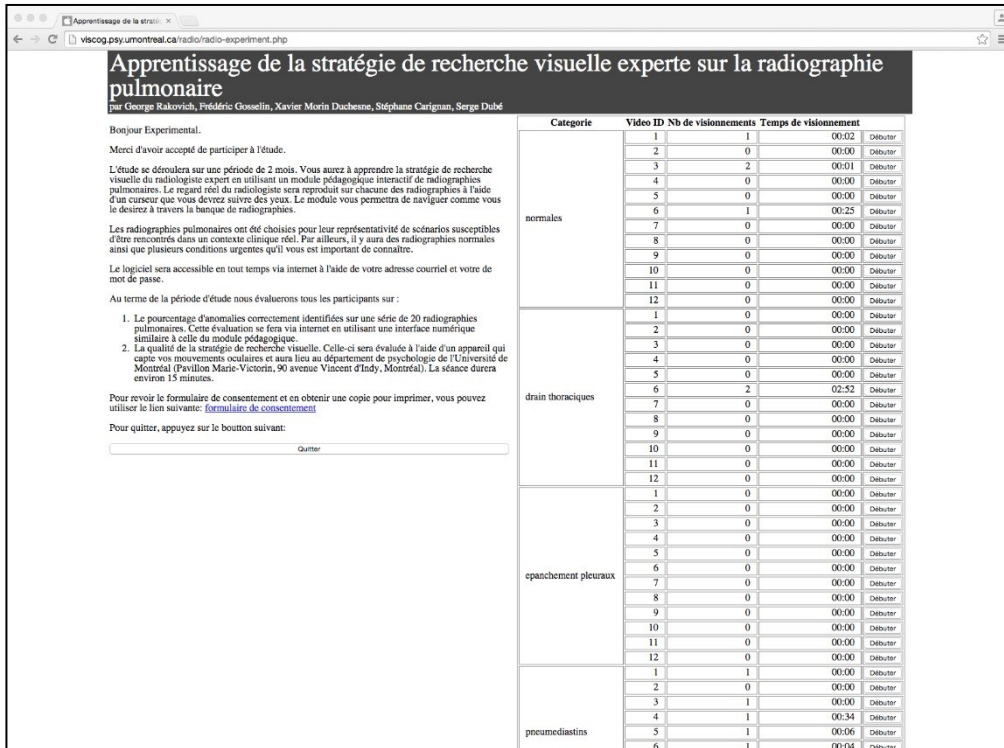
	Eyelink II™
Monocular sampling rate	250, 500 Hz
Binocular sampling rate	250, 500Hz
Eye tracking principle	Pupil only (500 Hz) Pupil with CR (250 Hz)
Average accuracy	< 0,5° typical
Saccade event resolution	0,05° microsaccades
Spatial resolution (RMS)	0,01° dark pupil 0,025° Pupil – CR mode
End to end sample delay	M > 3,0 msec SD = 1,11 msec
Blink recovery time	msec at 500 Hz
Pupil detection models	Centroid
Gaze tracking range	40,0° horizontally 36,0° vertically
Allowable head movement	+/- 30,0° display
Optimal camera-eye distance	40-80mm
Glasses compatibility	Excellent
Infrared wavelength	900 and 925 nm

Annexe 3. Reproduction de la stratégie de recherche visuelle de l'expert

Ces vues des fenêtres du logiciel pédagogiques démontrent la stratégie de recherche visuelle de l'expert à l'aide d'un curseur.



Annexe 4. Fenêtres représentatives du site web/logiciel pédagogique



Annexe 5. Formulaire de consentement

Formulaire de consentement

Nous vous invitons bien lire ce formulaire et à poser des questions avant d’y apposer votre signature.

Titre du projet :

Améliorer la stratégie de recherche et l’identification des conditions urgentes sur une radiographie pulmonaire: impact de l’utilisation d’un logiciel interactif de lecture systématique

Chercheurs :

George Rakovich MD, Frédéric Gosselin PhD, Stéphane Carignan MD, François Marquis MD, Serge Dubé MD.

Lieu : hôpitaux d’enseignement affiliés à l’Université de Montréal

Date d’approbation par le comité d’éthique de l’Université de Montréal : à venir

Description :

Les modalités de formation actuelles en radiologie au niveau pré-gradué ne sont pas optimales. Les études démontrent que contrairement au radiologiste expert, les novices ont souvent une stratégie de recherche visuelle qui n’est pas systématique. Dans certains domaines de l’industrie, il a été démontré qu’on peut enseigner au novice à être plus systématique, et que cet apprentissage se traduit par une précision accrue dans une tâche

d'identification visuelle. Un principe similaire pourrait être utilisé en enseignement de la radiologie.

Objectifs:

Le présent projet a pour but d'évaluer si l'enseignement d'une approche systématique à la radiographie pulmonaire à l'aide d'un logiciel spécialisé augmente la capacité des étudiants de 3^e année de médecine à identifier des conditions urgentes.

L'étude se déroulera pendant les deux mois du stage de médecine interne lors de la 3^e année de médecine. Vous aurez à apprendre la stratégie de recherche visuelle experte en utilisant un logiciel interactif comptant 50 radiographies pulmonaires. La stratégie de recherche vous sera présentée de façon dynamique à l'aide d'un curseur qui devra être suivi des yeux, et ce pour chacune des radiographies.

Vous devrez :

- Identifier toutes les anomalies perçues sur chaque radiographie en cliquant sur la région concernée.
- Nommer les anomalies qui sont perçues à partir d'une liste exhaustive standardisée qui est présentée dans un menu déroulant (*scrolling menu*).

Le logiciel fournira un feedback immédiat au terme de la lecture de chacune des radiographies en identifiant les anomalies qui auraient dû être relevées et en décrivant leur nature en termes appropriés.

Les radiographies pulmonaires seront choisies pour leur représentativité de scénarios susceptibles d'être rencontrés dans un contexte clinique réel. Par ailleurs, il y aura des radiographies normales ainsi que des conditions urgentes. Le logiciel sera accessible via internet en utilisant un mot de passe personnel et ce en tout temps pour la durée de l'étude.

Les données d'utilisation du logiciel seront enregistrées automatiquement afin de s'assurer que chaque étudiant complète la banque d'images au complet au moins une fois durant la période d'étude. Un rappel automatique sera envoyé par courrier électronique une fois par semaine pour encourager les participants à compléter la banque d'images.

Les étudiants seront randomisés par milieu de stage en 2 groupes :

- Le groupe d'étude aura accès au logiciel tel que décrit.
- Le groupe contrôle aura accès à un logiciel identique en tous points sauf pour la stratégie de recherche visuelle qui ne sera pas présentée.

Au terme de la période d'étude de 2 mois nous évaluerons :

1) Le pourcentage d'anomalies identifiées sur une série standardisée de 20 radiographies pulmonaires. Cette évaluation utilisera une interface numérique similaire à celle du logiciel pédagogique. Elle aura lieu à l'hôpital Maisonneuve-Rosemont (5415, boul. l'Assomption, Montréal) en une seule séance de 40 minutes.

2) La qualité de la stratégie de recherche visuelle sera évaluée à l'aide d'un appareil oculométrique. Cet appareil consiste en un casque similaire à la lampe portée par le chirurgien en salle d'opération, ainsi qu'un écran sur lequel les radiographies seront affichées. Vous devrez lire 3 radiographies pulmonaires au cours d'une séance de 15 minutes. Les données seront recueillies dans un local dédié du département de psychologie de l'Université de Montréal (Pavillon Marie-Victorin, 90 avenue Vincent d'Indy, Montréal).

Avantages et bénéfices :

En plus des bénéfices potentiels du logiciel pédagogique proposé, tous les participants auront le bénéfice d'un accès à une banque de radiographies pulmonaires avec feedback. Au terme de l'étude (environ 6-8 mois), le logiciel pédagogique sera rendu disponible aux participants du groupe contrôle.

Inconvénients :

Quoique de courte durée, il se peut que les deux séances de recueil des données entrent en conflit avec l'horaire de stage clinique. Les auteurs s'assureront d'une exemption autorisée pour tous les participants de l'étude.

Sur simple demande, nous vous transmettrons les résultats de cette recherche, une fois l'étude terminée.

Confidentialité :

Votre participation à l'étude est confidentielle. En aucun cas, votre nom ne sera associé à l'étude. Un code sera utilisé pour remplacer votre nom. Seuls les chercheurs autorisés auront accès à la liste des noms. Aucun résultat individuel ne sera communiqué à qui que ce soit

Liberté de participation et liberté de retrait :

Votre participation au projet est volontaire. Vous pourrez à tout moment vous retirer du projet sans subir quelque conséquence que ce soit.

Personnes ressources :

L'étude est faite sous la direction de George Rakovich MD, chargé d'enseignement clinique au département de chirurgie de l'Université de Montréal, service de chirurgie thoracique, Hôpital Maisonneuve-Rosemont. Pour toute question supplémentaire vous pouvez joindre Dr. Rakovich en tout temps au (514) 252-3822 ou sa secrétaire Mme Sylvie Perreault au (514) 252-4561 du lundi au vendredi de 8 :00 à 16 :00.

J'ai lu et compris le contenu du présent formulaire. Je certifie qu'on me l'a expliqué verbalement. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant ce projet de recherche et on y a répondu à ma satisfaction. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour réfléchir et prendre ma décision. Je sais que je pourrai me retirer en tout temps.

Je certifie a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire de consentement; b) lui avoir clairement indiqué qu'il reste à tout moment libre de mettre un terme à sa participation au présent projet et que je lui remettrai une copie signée du présent formulaire.

Je, _____ soussigné(e), consens librement à participer à cette étude.

Signature

Date

Signature du chercheur ou du représentant

Nom du chercheur ou du représentant autorisé

Date