

Effet d'un laboratoire assisté par ordinateur sur la compréhension du mouvement à vitesse constante chez les élèves du secondaire

Louis Trudel

Université d'Ottawa, ltrudel@uottawa.ca

Abdeljalil Métioui

Université du Québec à Montréal, metioui.abdeljalil@uqam.ca

Mohamed I. Mustafa

Université d'Ottawa, mibra026@uottawa.ca

Résumé

Parmi les phénomènes physiques étudiés au secondaire, la compréhension des concepts cinématiques est importante, car ils constituent un préalable à l'apprentissage des concepts subséquents de la mécanique. Notre recherche vise à étudier l'effet d'une investigation scientifique assistée par ordinateur sur la compréhension de la vitesse constante chez les élèves du secondaire. L'expérimentation s'est déroulée dans une classe de physique de niveau secondaire. Une analyse de la variance des mesures répétées de la compréhension des élèves d'une classe de physique du secondaire démontre que, pendant l'implantation de cette stratégie, la compréhension des concepts du mouvement s'est accrue de manière significative. En conclusion, nous traçons les avantages et les limites de l'étude et offrons des pistes de recherche futures concernant la conception d'une démarche de laboratoire assistée par ordinateur en physique.

Mots clés

Vitesse, laboratoire assisté par ordinateur, compréhension, école secondaire, modèle de réponse à l'item

1. Introduction

En réaction à ce que certains ont appelé l'enseignement traditionnel de la physique, constitué d'exposés magistraux suivis de séances d'exercices et de vérification des théories au laboratoire, Anderson (2002) recommande que l'élève joue un rôle plus actif en élaborant ses connaissances sous la supervision de l'enseignant. Dans cette approche, appelée découverte guidée, l'apprentissage résulte d'activités de mise à l'épreuve par des expériences des idées que l'élève entretient sur les phénomènes du mouvement. Or, les expériences proposées aux élèves dans les cours de physique ne tiennent généralement pas compte de leurs conceptions alternatives relativement à la vitesse de sorte que ceux-ci peuvent éprouver de la difficulté à identifier les facteurs pertinents et à les exprimer quantitativement sous forme d'équations. En conséquence, notre premier objectif de recherche vise donc à concevoir une démarche d'investigation scientifique qui tienne compte

des conceptions alternatives des élèves et leur permettent de vérifier leurs hypothèses au laboratoire. Notre second objectif de recherche consiste à évaluer l'effet d'une telle démarche sur la compréhension de la vitesse chez les élèves du secondaire.

2. Revue de la littérature

S'il est un domaine qui cause beaucoup de difficultés aux élèves, c'est la cinématique, définie comme l'étude du mouvement des objets sans se préoccuper de ses causes (Arons, 1990). Il existe deux raisons principales avancées par les chercheurs : les conceptions alternatives que les élèves possèdent déjà sur les propriétés du mouvement et l'accent mis sur la mathématisation de ses propriétés dans l'enseignement de la cinématique. Premièrement, les élèves disposent, avant d'arriver dans les cours de physique, d'une large expérience sur les propriétés du mouvement qu'ils ont acquise dans leurs interactions avec les événements de leur quotidien. Cette expérience leur a permis de se construire des schémas leur permettant d'interpréter les phénomènes du mouvement (Knight, 2004). En particulier, les schémas utilisés ressemblent à ceux développés par des figures historiques tels qu'Aristote (Espinoza, 2005). Ces schémas sont tout à fait adaptés aux tâches de la vie courante : conduire une bicyclette, attraper un objet, etc. Par contre, ces schémas diffèrent de façon marquée des concepts scientifiques. Dans certains cas, ces schémas peuvent même interférer avec l'apprentissage, surtout si l'enseignement n'en tient pas compte. Dans ce cas, le danger est grand que les élèves distinguent les savoirs scolaires, qui fonctionnent à l'école (par exemple, au laboratoire), des savoirs quotidiens, qui leur permettent de réagir avec efficacité aux événements de la vie courante (Legendre, 1994). Deuxièmement, lors des activités au laboratoire, la cinématique est souvent abordée à l'aide d'une mathématisation à laquelle les élèves ne sont pas habitués (Arons, 1990). Par exemple, un procédé pédagogique courant consiste à amener les élèves, au début de l'étude de la cinématique, au laboratoire où ils mesurent différentes propriétés du mouvement qu'ils portent ensuite sur des graphiques. De retour en classe, ils analysent les résultats obtenus et effectuent des calculs à l'aide des formules pour obtenir les valeurs de la vitesse et de l'accélération. Or, il apparaît que les élèves effectuent ces diverses opérations sans une réelle compréhension de ce qu'ils font (De Vecchi, 2006; Trempe, 1989). À cet égard, lors de ces activités de laboratoire, il semble que les élèves aient peu d'occasions de proposer leurs hypothèses (Nonnon & Métioui, 2003; Trempe, 1989; Trudel & Métioui, 2008). En effet, une étude des protocoles proposés par les manuels de laboratoire de sciences au Québec montre que les élèves ne se voient offrir que rarement l'opportunité de s'engager dans une démarche de recherche authentique, les démarches proposées par ces manuels mettant l'accent sur les procédures de collecte et d'analyse des données (Métioui & Trudel, 2007).

Pour pallier ces difficultés et faciliter ainsi une démarche d'investigation plus authentique des phénomènes cinématiques, l'utilisation de la technologie permettrait de faciliter et d'augmenter à la fois la quantité et la qualité des données recueillies sur les phénomènes tout en soutenant l'élève dans sa démarche (Jonassen, Strobel, & Gottdenker, 2005). Dans cette démarche, appelée « video-based laboratory », les mouvements des objets sont enregistrés sous forme de vidéos, traités par des logiciels permettant à la fois la mesure des positions des objets en fonction du temps et l'organisation de ces données sous forme de tableaux et de graphiques. Les élèves peuvent ainsi rapidement et efficacement tester leurs hypothèses et, par la suite, modifier les paramètres des situations physiques étudiées pour explorer les relations entre les variables cinématiques impliquées (Koleza & Pappas, 2006). Une telle démarche possède plusieurs avantages : 1) elle permet à l'élève de se concentrer sur la génération d'hypothèses et l'interprétation des résultats, deux habiletés peu

développées dans les laboratoires traditionnels (Gianino, 2008); 2) elle permet à l'élève de générer et de vérifier rapidement plusieurs hypothèses, en facilitant chez ce dernier les stratégies de variation des paramètres nécessaires à la formulation d'hypothèses à propos des propriétés des phénomènes (Riopele, 2005); 3) dans les situations physiques où il est nécessaire de revenir sur les résultats d'une expérience pour en vérifier la qualité ou éventuellement pour modifier l'hypothèse originale, l'expérimentation assistée par ordinateur peut permettre à la démarche du laboratoire traditionnel de devenir itérative malgré les contraintes du milieu scolaire. En effet, il est souvent nécessaire à l'élève de revenir sur les résultats d'une expérience pour étudier les causes de l'écart entre ses idées et les résultats obtenus, favorisant ainsi le changement conceptuel en sciences (Lin, 2007; Trudel, 2005).

3. Conception du laboratoire assisté par ordinateur

En ce qui concerne les activités de changement conceptuel des phénomènes cinématiques, nous les avons conçues de façon à répondre aux caractéristiques du mouvement rectiligne à vitesse constante. Pour permettre aux élèves de travailler en petits groupes de quatre ou cinq personnes, nous avons conçu un guide d'activités permettant d'encadrer la démarche de l'élève. Le guide présente le cas du mouvement rectiligne à vitesse constante permettant d'étudier différents aspects de ce type de mouvement. Ce cas comprend des activités (questions, graphiques à compléter, etc.) qui guident le processus de modélisation des élèves. Le processus de changement conceptuel est structuré selon une tâche POE (Prédiction > Observation > Explication) (Russell, Lucas, & McRobbie, 2004). Voici comment chaque tâche POE se déroule. D'abord, une situation physique représentée sous forme concrète par un montage physique est expliquée aux élèves dans le guide. Des questions associées à ce cas demandent à l'élève de prédire ce qui va arriver si l'expérience est effectuée. Ils notent individuellement alors leurs prédictions dans leur cahier puis les comparent entre elles en tentant d'arriver à un consensus. Une fois que les élèves de chaque équipe se sont entendus concernant leurs prédictions, leur représentant vient les présenter à toute la classe. Par la suite, l'enseignant fait la démonstration du phénomène devant les élèves et l'enregistre sous forme vidéo avec l'aide d'élèves volontaires. Ces vidéos sont par la suite transférées dans des clefs USB et distribuées à chaque équipe d'élèves. Ayant inséré ces séquences d'images dans le logiciel REGAVI¹, les élèves de chaque équipe peuvent à l'aide d'un curseur prendre des mesures des positions successives de la bille en fonction du temps. Ces mesures sont immédiatement mises sous forme de tableaux par le logiciel REGAVI. Par la suite, les tableaux de données fournies par le logiciel REGAVI peuvent être transférés au logiciel d'analyse REGRESSI². Ce dernier logiciel présente des fonctionnalités permettant à l'utilisateur de réaliser différents graphiques de position et de vitesse en fonction du temps. En outre, le logiciel REGRESSI facilite la découverte de relations entre les variables en fournissant des moyens de comparer l'ajustement de différentes courbes (linéaire, quadratique, exponentielle, etc.) aux données obtenues. Les élèves tentent alors d'expliquer l'écart, s'il y a lieu, entre leurs prédictions et leurs résultats d'expériences. Le rôle de l'enseignant dans la stratégie proposée est d'introduire les activités aux élèves, d'attribuer des rôles aux élèves lors des discussions en petits groupes, de réaliser la

1 Le logiciel REGAVI permet la collecte de données à partir d'une vidéo d'un objet en mouvement sous forme de fichier AVI. Ce logiciel contient des fonctions permettant la mesure des positions successives de cet objet qu'il organise sous forme de tableaux. Il est possible par la suite de transférer ces données dans le fichier REGRESSI à des fins d'analyse (voir le site suivant : http://www.micrelec.fr/equipelabo/pics_art/pdf/M0314G26.pdf).

2 Le logiciel Regressi réalise des graphiques cartésiens des données transférées d'un logiciel de collecte tel que Regavi. Le logiciel Regressi contient également des fonctions permettant de calculer de nouvelles variables (vitesse, accélération) à partir des mesures de position et de temps, de trouver la meilleure courbe d'un ensemble de points expérimentaux, etc. (Durliat et Millet, 1991).

démonstration de chaque cas du mouvement devant les élèves, d'enregistrer ces mouvements sous forme vidéo et de les distribuer aux élèves et, enfin, de faciliter les échanges entre les élèves lors des discussions en plénière (Trudel & Métioui, 2008).

4. Méthodologie

Notre étude pilote comprenait une classe de 32 élèves francophones, soit 18 filles et 14 garçons, de physique de 11^e année d'une école de la province de l'Ontario au Canada. Les élèves de cette classe avaient choisi l'orientation de sciences offerte par l'école de sorte qu'il est permis d'avancer qu'ils sont intéressés par les sciences en général et la physique en particulier. L'enseignant impliqué dans cette recherche disposait de 20 années d'expérience dans l'enseignement des sciences. Tout au long de la recherche, le chercheur et l'enseignant se sont rencontrés pour procéder aux ajustements requis en fonction de l'évolution des élèves. De plus, deux rencontres au préalable ont permis à l'enseignant de se familiariser avec la démarche proposée et au chercheur d'apporter les modifications requises pour adapter les activités au contexte de l'école et aux particularités des élèves impliqués. La recherche s'est déroulée au début du deuxième semestre³. Il est à noter que l'école où se déroulait la recherche avait adopté un calendrier où les cours, qui normalement s'étendent sur toute l'année scolaire, étaient condensés en un semestre. En conséquence, les cours du premier semestre étaient différents des cours du deuxième semestre. La démarche décrite au paragraphe précédent avait été prévue pour cinq périodes consécutives d'une heure et quart au tout début de l'apprentissage du cours de physique de onzième secondaire. À chacune de ces périodes, les élèves avaient à répondre à une question prise au hasard dans une banque de problème pendant les cinq premières minutes de la période. Cette disposition nous a permis de suivre l'évolution de la compréhension de chaque élève tout au long de l'expérimentation de la stratégie du laboratoire assisté par ordinateur. Pour étudier l'implantation de la stratégie proposée, le chercheur a tenu un journal de bord où il consignait ses observations sur le déroulement des événements, les détails critiques à propos de l'introduction de la stratégie par l'enseignant, les remarques de l'enseignant dans des entrevues prévues à cette fin, et les liens que le chercheur a pu établir entre ses observations et le cadre théorique de la présente recherche (Altrichter & Holly, 2005). Lors de l'expérimentation, le chercheur principal ou un de ses assistants de recherche étaient présents à chacune des périodes (ainsi qu'à une période préalable afin de prendre la mesure initiale de compréhension) pour observer le déroulement des activités et prendre les mesures de la compréhension. Le chercheur principal ou un de ses assistants ont aussi joué le rôle de moniteur de laboratoire, pour résoudre les difficultés qui surgissaient dans les montages ou avec les logiciels de collecte ou d'analyse des données obtenues par les élèves.

Pour mesurer l'évolution de la compréhension en fonction du nombre de périodes consacrées à l'utilisation du laboratoire assisté par ordinateur, nous avons conçu un test de compréhension de la vitesse constante (Trudel, Parent, & Auger, 2008). Puisque chaque élève est mesuré à plusieurs occasions, les conditions dans lesquelles ces mesures sont prises varient, que ce soit le jour de la semaine, l'heure pendant la journée, etc. Ainsi, un élève peut ne pas obtenir le même résultat à des problèmes de difficulté équivalente parce qu'il est fatigué ou énervé lors d'une occasion particulière. Dans le cas où la dimension temporelle est importante, le choix d'un modèle de réponse à l'item doit tenir compte des variations au cours du temps des réponses des élèves. Or, le modèle à facettes développé par Linacre (1994) permet de considérer l'influence de ces différents facteurs ou « facettes » sur la mesure de la compréhension. Le calcul des différents paramètres associés

3 Notons qu'au Canada, l'année scolaire se divise en deux semestres chacun d'une durée de quatre mois.

à ces facteurs se fait par l'équation du modèle à facettes qui relie les valeurs des paramètres aux observations (Linacre, 1994, p. 1) : $\text{Log} [(P_{nij k}) / (P_{nij k-1})] = (B_n + T_i) - (D_j + F_k)$ où :

$P_{nij k}$ est la probabilité que l'élève « n » se voit accorder un niveau « k » à l'occasion « i » lorsqu'il répond au super-item « j »;

$P_{nij k-1}$ est la probabilité que l'élève « n » se voit accorder un niveau « k-1 » à l'occasion « i » lorsqu'il répond au super-item « j »;

B_n est l'habileté de l'élève « n »;

T_i est la plus ou moins grande facilité que les élèves éprouvent à répondre lors de l'occasion « i »;

F_k est la difficulté associée au saut du niveau k-1 au niveau k.

Les diverses propriétés du modèle à facettes en font un outil approprié à l'étude et au traitement des données de notre recherche (Bond & Fox, 2001). Premièrement, les divers paramètres calculés par le modèle à partir des observations possèdent les propriétés d'une échelle à intervalle. Deuxièmement, le modèle permet de produire des valeurs pour tous les élèves lors de toutes les occasions de mesure, y compris les données manquantes, ce qui accroît la puissance des tests statistiques utilisés. Le modèle nous a permis ainsi de produire pour chaque élève une valeur du logarithme de sa probabilité à produire une réponse correcte à la question soumise à chacune des périodes de l'expérimentation. Pour déterminer si le laboratoire assisté par ordinateur avait un effet sur la compréhension des élèves, une analyse de la variance des mesures répétées a été effectuée des valeurs obtenues. Cette analyse nous permet de comparer les résultats des élèves entre les différentes occasions de mesure et de déterminer si un de ces résultats est significativement différent des autres. Cette comparaison peut prendre une forme spécifique appelée contraste (Bhushan, 1985). Pour vérifier notre hypothèse de recherche, il nous faut déterminer si chaque occasion de mesure est supérieure à la mesure précédente de sorte que l'accroissement de la compréhension en fonction du nombre de périodes de discussion est linéaire. Or, il est possible, à l'aide des polynômes orthogonaux, de séparer les contributions associées aux tendances linéaires, quadratiques, cubiques, etc. En outre, ces composantes de la variance étant indépendantes les unes des autres, elles peuvent être testées séparément (Bhushan, 1985). Toutefois, la comparaison de chaque élève par rapport à lui-même amène les données recueillies à propos de cet élève à être corrélées. Cette dépendance entre les mesures répétées du même individu signifie que l'analyse de la variance par mesures répétées ne peut être utilisée à moins que la condition de sphéricité ne soit satisfaite (Edwards, 1993). Ce test, appelé aussi test de Mauchly, impose certaines conditions sur la matrice des variances et covariances (Leik, 1997). Lorsque le résultat du test de Mauchly excède le seuil alpha de 0,05, nous pouvons

considérer que la condition de sphéricité est satisfaite et par conséquent que l'analyse de la variance par mesures répétées peut être utilisée.

5. Résultats

La figure 1 présente les moyennes des valeurs obtenues par la classe à chaque occasion de mesure. Ces valeurs sont obtenues en prenant la moyenne des valeurs de chaque élève à chaque occasion selon l'équation (1).

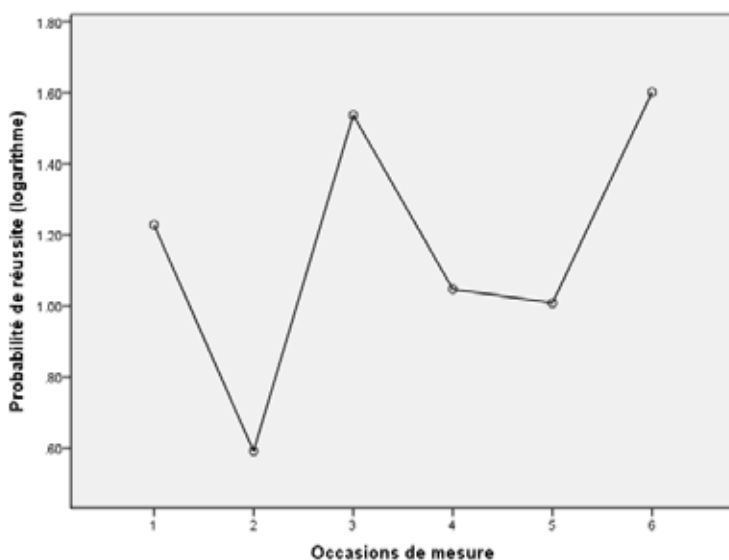


Figure 1. Probabilité de réussite (logarithme) en fonction du nombre de périodes.

En observant la figure 1, nous constatons que, malgré certaines variations, il existe une tendance positive d'accroissement de la compréhension. Cette tendance linéaire est significative au seuil alpha 0,05 ($p < 0.02$) selon les résultats de l'analyse de la variance du tableau 1. Par ailleurs, nous observons également la présence de tendances significatives d'ordre 4 et 5 (voir tableau 1). Notons que le test de Mauchly ($p = 0.98$) nous indique que la condition de sphéricité est satisfaite et par conséquent que l'analyse de la variance par mesures répétées peut être utilisée. Enfin, le test omnibus de la variance des mesures répétées indique qu'il existe au moins une des moyennes qui est significativement différente des autres ($p < 0.000$) au seuil alpha 0.05.

Source	Tendance	Somme des carrés	dl	Carrés moyens	F	Sig.
Compréhension	Linéaire	3.153	1	3.153	6.027	.020
	Quadratique	1.861	1	1.861	2.788	.105
	Cubique	.146	1	.146	.314	.579
	Ordre 4	11.703	1	11.703	14.984	.001
	Ordre 5	5.550	1	5.550	13.041	.001
Erreur (compréhension)	Linéaire	16.218	31	.523		
	Quadratique	20.691	31	.667		
	Cubique	14.460	31	.466		
	Ordre 4	24.212	31	.781		
	Ordre 5	13.194	31	.426		

Tableau 1. Analyse de la variance des mesures répétées.

6. Discussion et conclusion

Notre recherche s'inscrit dans une approche constructiviste, où l'élève construit ses connaissances en interagissant avec son environnement. Étant donné les difficultés rencontrées dans les cours de sciences pour développer la compréhension chez les élèves, nous avons conçu un laboratoire assisté par ordinateur permettant aux élèves de vérifier leurs hypothèses à la suite d'une discussion en petits groupes. Nos résultats indiquent que la courbe de la compréhension en fonction du nombre de périodes consacrées au laboratoire démontre une tendance linéaire positive et significative. Ces résultats peuvent indiquer que le laboratoire tel que conçu a un effet sur la compréhension des élèves. En effet, des observations notées dans le journal de bord par le chercheur et les réflexions de l'enseignant exprimées lors d'une entrevue à la suite de la recherche viennent corroborer ces résultats. Dans l'entrevue, l'enseignant mentionnait qu'il a observé une progression constante dans la compréhension des élèves des concepts du mouvement par le type de question que les élèves posaient, par la qualité de leurs explications sur les propriétés des mouvements étudiés, par leur interprétation des graphiques réalisés, etc. Néanmoins, la présence de tendances significatives d'ordre supérieur indique des fluctuations importantes dans les résultats d'une occasion à l'autre. Ces fluctuations peuvent être causées par des imprécisions dans la mesure, par des variations dans l'intérêt ou l'attention des élèves selon le moment de la journée où la mesure a été prise. Il se peut également que les fluctuations soient le résultat d'oscillations associées à des transitions entre les niveaux de compréhension (Granott, 2002).

Par ailleurs, cette étude entreprise avec un seul groupe d'élèves ne peut prétendre à formuler des conclusions pouvant être généralisées à l'ensemble des élèves de niveau secondaire. Par conséquent, ces conclusions revêtent un caractère spéculatif et ne se justifient qu'en tenant compte de la visée exploratoire de notre étude. Celle-ci s'inscrit dans la perspective que l'usage de l'informatique au laboratoire de physique est en train de révolutionner l'enseignement de cette discipline. Néanmoins, l'expérimentation assistée par ordinateur est trop souvent consacrée au côté technique de la prise automatisée de données et de son organisation sous

forme de tableaux et de graphiques. Cette emphase sur la précision technique des mesures, malgré sa rigueur, risque de faire oublier qu'il est souvent nécessaire aux élèves de développer leur raisonnement tant qualitatif que quantitatif. Néanmoins, il ne s'agit pas d'abandonner la mathématisation des propriétés des phénomènes, mais bien de l'aborder lorsque les éléments essentiels du problème ont été compris par les élèves. L'approche présentée ici se proposait d'utiliser les capacités de l'ordinateur pour que l'élève puisse, à partir d'une représentation de sens commun, de nature qualitative, des propriétés des phénomènes, passer à une représentation mathématique sous forme de graphiques position-temps et vitesse-temps. Des recherches entreprises avec plusieurs groupes d'élèves permettraient de confirmer les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude (Barlow & Hersen, 1984).

Références

- Altrichter, H., & Holly, M. L. (2005). Research diaries. Dans B. Somekh & C. Lewin (dir.), *Research methods in the social sciences*. Thousand Oaks, CA : SAGE.
- Anderson, R. E. (2002). Reforming science teaching : What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Arons, A. B. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Toronto, ON : John Wiley & Sons.
- Barlow, D. H., & Hersen, M. (1984). *Single case experimental designs : Strategies for studying behavior change* (2^e éd.). Toronto, ON : Pergamon Press.
- Bhushan, V. (1985). *Inférence statistique*. Québec, QC : Presses de l'Université Laval.
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2001). *Applying the Rasch model : Fundamental measurement in the human sciences*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- De Vecchi, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe : pour une véritable éducation scientifique*. Paris, France : Hachette.
- Durliat, G., & Millet, J. M. (1991). L'informatisation des dosages phmétriques avec l'interface Orphy et le logiciel Regressi. *EPI*, 64, 163-172.
- Edwards, L. K. (1993). Analysis of time-dependent observations. Dans L. K. Edwards (dir.), *Applied analysis of variance in behavioral science* (p. 437-457). New York, NY : Marcel Dekkers.
- Espinoza, F. (2005). An analysis of the historical development of ideas about motion and its implications for teaching. *Physics Education*, 40(2), 139-146.
- Gianino, C. (2008). Microcomputer-based laboratory for Archimedes' principle and density of liquids. *The Physics Teacher*, 46, 52-54.
- Granott, N. (2002). How microdevelopment creates macrodevelopment : Reiterated sequences, backward transitions, and the Zone of Current development. Dans N. Granott & J. Parziale (dir.), *Microdevelopment : Transition processes in development and learning* (p. 213-242). Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.
- Jonassen, D., Strobel, J., & Gottdenker, J. (2005). Model building for conceptual change. *Interactive Learning Environments*, 13(1-2), 15-37.

- Knight, R. D. (2004). *Five easy lessons : Strategies for successful physics teaching*. San Francisco, CA : Addison Wesley.
- Koleza, E., & Pappas, J. (2006). The effect of motion analysis activities in a video-based laboratory in students' understanding of position, velocity and frames of reference. *International Journal of Mathematical Education*, 39(6), 701-723.
- Legendre, M.-F. (1994). Problématique de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences au secondaire : un état de la question. *Revue des sciences de l'éducation*, 20(4), 657-677.
- Leik, R. K. (1997). *Experimental design and the analysis of variance*. Thousand Oaks, CA : Pine Forge Press.
- Lin, J.-Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3), 506-528.
- Linacre, J. M. (1994). *Many-facet Rasch measurement*. Chicago, IL : Mesa Press.
- Métioui, A., & Trudel, L. (2007, février). *Analyse critique des expériences proposées dans les manuels destinés aux jeunes de 8 à 12 ans : magnétisme, électrostatique et circuits électriques*. Communication présentée au IOSTE International Meeting, Hammamet, Tunisie.
- Nonnon, P., & Métioui, A. (2003). L'appropriation du processus de vérification expérimentale par des étudiants en formation des maîtres au secondaire : exemple de la diffusion de la chaleur dans un liquide. *RES Academica*, 21(1), 39-61.
- Riopel, M. (2005). *Conception et mise à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur* (Thèse de doctorat inédite). Université de Montréal, Montréal, QC.
- Russell, D. W., Lucas, K. B., & McRobbie, C. J. (2004). Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 165-185.
- Trempe, P.-L. (1989). L'enseignement des sciences au quotidien : six études de cas au primaire et au secondaire (problématique, méthodologie, interprétation, synthèse générale de l'information). *Monographies des sciences de l'éducation*, 1(1), 1-204.
- Trudel, L. (2005). *Impact d'une méthode de discussion sur la compréhension des concepts de la cinématique chez les élèves de cinquième secondaire* (Thèse de doctorat inédite). Université du Québec à Montréal, Montréal, QC.
- Trudel, L., & Métioui, A. (2008, juillet). *Influence d'une discussion préalable sur la participation des élèves dans un laboratoire de physique du secondaire*. Communication présentée à la Conférence internationale Éducation, Économie et Société, Paris, France.
- Trudel, L., Parent, C., & Auger, R. (2008). Développement et validation d'un test mesurant la compréhension des concepts cinématiques en physique au secondaire. *Mesure et évaluation en éducation*, 31(1), 93-120.