



## Évaluation de l'efficacité de l'enseignement des pairs modifié dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux

Tetyana Antimirova,  
Aleksandra Kulesza, Andrea Noack,  
Mary Stewart, Université Ryerson

Publié par le

## Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur

1, rue Yonge, bureau 2402  
Toronto (Ont.) Canada, M5E 1E5

Téléphone : 416 212-3893  
Télécopieur : 416 212-3899  
Site Web : [www.heqco.ca](http://www.heqco.ca)  
Courriel : [info@heqco.ca](mailto:info@heqco.ca)

### Citer ce document comme suit :

Antimirova, T., Kulesza, A., Noack, A. et M. Stewart\* (2015), *Évaluation de l'efficacité de l'enseignement des pairs modifié dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux*, Toronto, Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur.

\*Ces auteurs, présentés par ordre alphabétique, ont participé dans la même mesure à la conception du présent document.



*Un organisme du gouvernement de l'Ontario*

Les opinions exprimées dans le présent rapport de recherche sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue ni les politiques officielles du Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur ou des autres organismes ou organisations ayant offert leur soutien, financier ou autre, dans le cadre de ce projet. © Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2015.

## Table des matières

Résumé .....	4
1. Introduction .....	7
1.1 Les difficultés liées aux cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux.....	7
1.2 Utiliser l'enseignement des pairs et les systèmes de réaction personnelle en vue d'améliorer l'apprentissage et la participation des étudiants .....	8
1.3 L'enseignement des pairs modifié dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux à l'Université Ryerson .....	10
1.4 Objectifs de recherche.....	11
2. Pédagogie et pratiques dans le cours .....	12
2.1 Contenu, structure et soutiens à l'apprentissage du cours.....	12
2.2 Les activités de rédaction des questions à choix multiples.....	13
3. Méthodologie.....	15
3.1 Mesures quantitatives .....	15
3.1.1 Collecte et analyse des données quantitatives .....	17
3.1.2 Description des répondants.....	18
Tableau 1 : Taux de réponse par année et section.....	18
3.2 Collecte des données qualitatives et répondants .....	21
4. Principales constatations .....	21
4.1 Première question de recherche : L'effet des activités de rédaction de QCM sur les gains en apprentissage conceptuel des étudiants.....	21
4.2 Deuxième question de recherche : L'effet des activités de rédaction de QCM sur les façons qu'ont les étudiants d'envisager la physique.....	28
4.3 Troisième question de recherche : Les perceptions des étudiants quant aux stratégies d'apprentissage actif .....	30
4.3.1 Perception des étudiants quant aux activités de rédaction de QCM.....	31
4.3.2 Perceptions des étudiants quant à l'enseignement des pairs et aux systèmes de réaction personnelle .....	32
4.3.3 Perceptions des étudiants quant aux questions à choix multiples aux fins de l'enseignement et des évaluations.....	32
4.3.4 Perceptions des étudiants quant aux outils en laboratoire et de démonstration .....	33
4.3.5 Perceptions des étudiants quant à l'auto-formation, aux devoirs et aux activités de lecture .....	33
4.3.6 Impressions globales du cours des étudiants et suggestions pour fins d'améliorations .....	34

5. Conclusions .....	34
5.1 Limites de l'étude .....	34
5.2 Efficacité globale des activités de rédaction de QCM .....	35
5.3 Leçons tirées et recommandations .....	35
Bibliographie .....	38

## Liste des graphiques

Graphique 1 : Plan de recherche .....	14
---------------------------------------	----

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux de réponse par année et section .....	18
Tableau 2 : Répartition des caractéristiques des étudiants selon le mode d'enseignement (n=449) .....	19
Tableau 3 : Gains normalisés et absolus en moyenne dans l'apprentissage des étudiants, selon le groupe et l'année (n=418) .....	22
Tableau 4 : Gains de connaissances en moyenne d'après les caractéristiques démographiques et scolaires des étudiants (n=417) .....	24
Tableau 5 : Gains normalisés prévus des étudiants, dans l'ensemble et par année, d'après la régression fondée sur les MCO .....	27
Tableau 6 : Résultats du sondage CLASS à la deuxième et à la douzième semaine par sous-catégorie, dans l'ensemble et par groupe <sup>1</sup> .....	30

## Résumé

Le présent document montre les résultats de recherche en lien avec le recours à des activités de rédaction de questions à choix multiples et en collaboration pour compléter les méthodes ordinaires d'enseignement des pairs (EP) dans un cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux.

Selon la méthode ordinaire d'EP, on pose des questions qui stimulent la réflexion chez les étudiants à qui on confie la mission de discerner les lacunes dans leur propre compréhension. Une séance type en classe d'EP consiste en de courts segments magistraux ponctués de courtes interrogations en classe composées de questions conceptuelles, essentiellement à choix multiples. Dans les cours où les étudiants sont nombreux, les réponses de ces derniers sont normalement recueillies à l'aide d'un système de réaction personnelle. À la suite d'un premier décompte des résultats obtenus dans les interrogations en classe, les étudiants discutent de leurs choix pendant quelques minutes avec de deux à quatre pairs pour tenter de convenir de la bonne réponse. Dans les cours qui font appel à l'EP, les étudiants affichent des gains considérables au chapitre de la compréhension conceptuelle, selon ce que révèlent les tests uniformisés. De plus, le gain en compréhension conceptuelle qui découle de l'EP se traduit chez les étudiants par des aptitudes en résolution de problèmes supérieures à celle des étudiants qui suivent des cours magistraux de type classique. Toutefois, la pédagogie de l'EP s'appuie fortement sur les questions à choix multiples (QCM). Par conséquent, bien que la méthode de l'EP soit efficace, les avantages et inconvénients du recours aux QCM dans l'enseignement et l'évaluation font l'objet de débats continus. On peut surmonter un bon nombre des critiques liées aux QCM, mais il est difficile de faire abstraction de la limite fondamentale des QCM. Même les adeptes de l'EP conviennent du fait que, dans l'utilisation des QCM, les étudiants n'apprennent ni à formuler, ni à énoncer leurs propres idées, mais plutôt à choisir parmi les réponses fournies.

En guise de suite donnée à cette limite, nous avons élaboré et mis à l'essai un type d'EP modifié comportant une activité complémentaire qui amène les étudiants à formuler et à énoncer clairement leurs propres idées. Dans cette nouvelle activité, les étudiants travaillent en collaboration et en petits groupes à la rédaction de QCM semblables à celles utilisées dans l'EP. L'activité s'est déroulée à la fois en classe et en ligne. Elle avait pour objectif d'évaluer si l'instauration de telles activités de rédaction de QCM permettait d'améliorer chez les étudiants la compréhension des concepts fondamentaux en physique, leur façon d'envisager la physique de même que leur niveau de participation, comparativement à la pédagogie propre à la méthode ordinaire d'EP. L'étude s'est déroulée dans le contexte du cours d'initiation à la physique PCS120 (Physique I) que sont tenus de suivre les étudiants de premier cycle dans le programme de sciences donné à l'Université Ryerson de Toronto (Ontario). L'EP appuyé par un système de réaction personnelle (c.-à-d. les cliqueurs) est utilisé dans le cours depuis 2006, et son incidence favorable aux résultats d'apprentissage des étudiants est documentée.

On a évalué l'incidence de l'intégration des activités de rédaction de QCM au cours au moyen de méthodes quantitatives et qualitatives. Parmi les mesures quantitatives, il y avait une évaluation du gain normalisé de connaissances conceptuelles chez les étudiants, au moyen du test Force Concept Inventory (FCI) qu'ils ont passé avant et après le déroulement des activités. De plus, on a mesuré chez les étudiants les changements à leur façon d'envisager la physique au moyen du Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS), version physique, réalisé avant et après le déroulement des activités. Les étudiants ont également répondu

à un sondage sociodémographique sur leurs préférences et antécédents personnels et pédagogiques. Après avoir terminé le cours, certains étudiants ont pris part à des entrevues semi-structurées et approfondies quant à leur perception de la nouvelle activité de même qu'à leur apprentissage dans le cours globalement.

D'après les résultats, l'instauration d'activités de rédaction de QCM en collaboration a comporté des effets inconstants sur l'apprentissage des étudiants. Au sein de la cohorte de 2012, les caractéristiques des étudiants ont semblé avoir une incidence restreinte sur les gains d'apprentissage normalisés, tandis que la participation aux activités de rédaction de QCM était liée à une amélioration appréciable de l'apprentissage conceptuel. Or, cet effet ne s'est pas reproduit dans la cohorte de 2013. En revanche, chez cette dernière cohorte, les caractéristiques personnelles des étudiants étaient en forte corrélation avec les gains d'apprentissage normalisés, mais la participation aux activités de rédaction de QCM a semblé avoir une incidence restreinte sur l'apprentissage conceptuel. Une fois les résultats des deux cohortes mises en commun, le sexe, la maîtrise de la langue anglaise ainsi que la présence en classe étaient chacun en corrélation avec des gains normalisés supérieurs en apprentissage conceptuel que la participation aux activités de rédaction des QCM. À l'exception de la présence en classe, ces attributs ne sont habituellement pas exposés à l'influence des pratiques pédagogiques des enseignants du cours d'initiation à la physique. De tels résultats portent à croire que le recours aux activités de rédaction de QCM dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux comporte certains effets bénéfiques, mais que ceux-ci ne sont pas forcément constants chez tous les groupes d'étudiants.

Le sondage CLASS sert à différencier les façons qu'ont les néophytes et les spécialistes d'envisager la science dans l'ensemble et selon huit catégories générées de façon empirique. Les cours d'initiation à la physique incitent fréquemment les étudiants à adopter une façon d'envisager se rapportant moins aux spécialistes. Dans la présente étude, on a décelé une transition positive dans la façon qu'ont les étudiants d'envisager les domaines du perfectionnement de la résolution de problèmes, de la compréhension conceptuelle et de la compréhension conceptuelle appliquée. La transition positive dans la façon d'envisager ces trois domaines ayant trait à la compréhension conceptuelle témoigne du succès remporté par la pédagogie de l'EP quant à la promotion de l'apprentissage conceptuel et de la participation en physique chez les étudiants; on ne saurait l'attribuer en particulier aux activités de rédaction de QCM. Une transition négative s'est cependant produite dans deux domaines : l'intérêt personnel envers la physique et l'effort d'interprétation (sentir que l'effort nécessaire pour interpréter la matière en vaut la peine). Par rapport aux étudiants qui avaient seulement pris part aux activités ordinaires d'EP, le recours aux activités de rédaction de QCM n'a pas semblé avoir d'incidence sur l'apprentissage des étudiants. Autrement dit, l'ajout d'activités de rédaction de QCM aux activités ordinaires d'EP ne semble pas améliorer davantage la façon qu'ont les étudiants d'envisager la physique.

Des entrevues semi-structurées ont servi à sonder la perception des étudiants quant aux outils pédagogiques et technologiques employés dans le cours pour ensuite les amener à réfléchir à leur propre apprentissage. Souvent, les personnes interviewées n'ont pas pris conscience des activités de rédaction de QCM en tant que volet exceptionnel du cours, et nombreuses sont celles qui ne se souvenaient pas particulièrement d'y avoir pris part. Voilà une omission considérable, car environ 60 % des étudiants dans le cours ont obtenu des crédits en retour de leur participation aux activités de rédaction des QCM en ligne, et un pourcentage encore plus important de ces étudiants ont pris part aux activités en classe. Les étudiants qui se souvenaient des activités de rédaction de QCM ont donné une rétroaction positive : ils convenaient

du fait que celle-ci donnait la possibilité de réfléchir à la matière, de faire le suivi de leur propre apprentissage et de tenter de « s'imprégner de l'état d'esprit du professeur ».

Compte tenu des résultats de l'étude, les chercheurs recommandent aux enseignants de prendre en compte le coût, le temps et les ressources nécessaires à la mise en œuvre de ces activités de rédaction de QCM en collaboration et en petits groupes. Par rapport aux techniques ordinaires d'EP, cette nouvelle activité nécessite une préparation considérable, de même qu'un long suivi des activités en ligne des étudiants, sans que les effets sur l'apprentissage des étudiants soient constants. Il se peut qu'une telle intervention produise un effet différent dans un cours où les soutiens à l'apprentissage des étudiants déjà en place sont moindres. Dans les cours où les étudiants sont nombreux, nous invitons les enseignants à envisager d'autres interventions pour hausser l'apprentissage des étudiants, sans perdre de vue pour autant le risque d'une surdose de ressources chez les étudiants. Bien que les nouvelles activités de rédaction de QCM se soient révélées moins efficaces que prévu, les personnes interviewées ont manifesté une appréciation et un appui colossaux quant aux diverses possibilités d'apprentissage actif dans le cours.

# 1. Introduction

## 1.1 Les difficultés liées aux cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux

Par suite des pressions fiscales et démographiques exercées, le nombre d'étudiants dans les cours des universités en Ontario a augmenté, notamment au premier cycle. Parmi les effets négatifs fréquents d'un grand nombre d'étudiants dans les cours, il y a une baisse des interactions entre les étudiants et le corps professoral ainsi que de la rétroaction donnée à chaque étudiant, de même qu'un amoindrissement du taux global de participation des étudiants [Cuseo (2007); Iaria et Hubball (2008)]. L'enseignement magistral favorise en soi une accumulation de l'apprentissage et permet de distinguer les étudiants dont les besoins en apprentissage sont variés et les expériences pédagogiques, diversifiées. Le format magistral de type classique incite les étudiants à prêter attention à la matière factuelle et aux détails superficiels plutôt qu'à réfléchir aux concepts, aux principes sous-jacents et aux grandes idées [McCarthy et Anderson (2000)]. De plus, les attentes et antécédents scolaires préalables des étudiants risquent de varier considérablement dans les cours où les étudiants sont nombreux. Par exemple, comme c'est le cas dans la présente étude, il y a dans certains cours d'initiation à la physique au sein des universités ontariennes des étudiants avec ou sans expérience de la physique enseignée au cycle supérieur de l'école secondaire. De plus, la diversité qui caractérise la population étudiante de l'Ontario en ce qui touche les expériences vécues en matière d'immigration, l'appartenance à une minorité visible, l'identité autochtone, les étudiants handicapés, les étudiants de première génération et les étudiants qui entreprennent une seconde carrière signifie que les enseignants doivent, pour être efficaces, adopter des stratégies leur permettant de joindre une vaste gamme d'élèves.

Parmi toutes les disciplines scientifiques, la physique conserve la réputation de matière particulièrement éprouvante. Souvent, la façon qu'ont les étudiants d'envisager la physique et leurs idées préconçues quant à cette matière nuisent souvent à leur apprentissage et compliquent d'autant plus la tâche des enseignants [Redish, Saul et Steinberg (1998); Gray, Adams, Wieman et Perkins (2008)]. Les étudiants se sentent déphasés par rapport à la matière enseignée dans les cours de physique, de sorte que leur motivation et leur intérêt envers le cours s'en ressentent graduellement. Cet effet est particulièrement prononcé dans les cours d'initiation où les étudiants sont nombreux et où le caractère abstrait de la matière et le manque d'expérience concrète risquent d'entraver considérablement l'apprentissage des étudiants. Une telle situation occasionne des problèmes continus quant à la persévérance scolaire des étudiants. Afin de surmonter ces épreuves, de nombreux enseignants en physique ont adopté de nouvelles techniques pédagogiques afin d'accroître la participation des étudiants en lien avec la matière du cours, dans l'optique de rehausser les notes obtenues par les étudiants et leurs taux d'achèvement des cours.

Il existe une abondance d'éléments d'information issus de la recherche sur l'enseignement des sciences comme quoi les étudiants qui suivent des cours magistraux axés sur l'enseignant n'apprennent qu'une infime partie de ce qu'ils auraient pu apprendre; les étudiants assimilent beaucoup plus de contenu dans les cours où l'investigation est utilisée et qui propose un niveau élevé de participation interactive et d'interaction sociale [Hestenes, Wells et Swackhamer (1992); Hake (1998); Thornton et Sokoloff (1998); d'après Savinainen et Scott (2002); d'après Thornton, Kuhl, Cummings et Marx (2009)]. Dans les cours

d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux et où l'enseignant fait appel à une méthode magistrale didactique et unidirectionnelle, on a relaté de faibles gains d'apprentissage allant jusqu'à 10-15 % [(Hake (1998)]. Les cours magistraux de type classique raffermissent souvent chez les étudiants des croyances erronées selon lesquelles la mémorisation par cœur de faits dispersés et d'exemples aléatoires correspondent à un apprentissage significatif. L'apprentissage par activités et amélioré par les technologies constitue une méthode ayant le potentiel de faire passer la polarisation en classe du professeur vers les étudiants, et donc d'améliorer les résultats d'apprentissage de ces derniers. Des éléments d'information probants sont récemment ressortis d'une étude comparative faite à l'Université de la Colombie-Britannique quant à l'efficacité de la participation interactive par rapport à un cours magistral unidirectionnel [Deslauriers, Schelew et Wieman (2011)].

Une mesure significative de l'apprentissage réussi en sciences passe par l'acquisition du raisonnement scientifique et la maîtrise des concepts scientifiques clés qui, une fois combinés, favorisent une amélioration des aptitudes en résolution de problèmes et de l'analyse des données critiques [Hestenes et al. (1992); Thornton et Sokoloff (1998); Savinainen et Scott (2002); Thornton et al. (2009)]. Il est très important d'améliorer la façon qu'ont les étudiants d'envisager les sciences, car celle-ci peut également comporter un effet positif sur l'apprentissage des étudiants [Perkins et al. (2004); Pollock (2004); Perkins et al. (2005); Adams et al. (2006)]. Outre le contenu fondamental des cours, le fait d'aider les élèves en physique à acquérir des comportements et façons d'envisager propres aux spécialistes est considéré depuis longtemps comme un but important de l'enseignement de la physique. Toutefois, ce but est particulièrement difficile à atteindre dans un cours magistral où les étudiants sont nombreux. Pour changer les façons d'envisager des étudiants, il faut des stratégies de participation qui invitent ces derniers à prendre une part active à ce chapitre, tant en classe qu'à l'extérieur.

Puisque les enseignants disposent d'une vaste gamme de stratégies d'apprentissage actif et d'EP, il importe d'évaluer les stratégies que les étudiants jugent plus utiles et celles qui donnent les meilleurs résultats d'apprentissage en divers milieux d'apprentissage. Plusieurs techniques communes favorisant la participation des étudiants sont décrites ci-dessous.

## **1.2 Utiliser l'enseignement des pairs et les systèmes de réaction personnelle en vue d'améliorer l'apprentissage et la participation des étudiants**

L'enseignement des pairs (EP) est une stratégie bien documentée afin d'accroître la participation en classe des étudiants [Mazur (1997)]. Le recours à l'EP dans les cours de sciences a entraîné des effets très positifs sur le rendement des étudiants au sein des nombreux établissements d'enseignement qui y ont recouru [Deslauriers et al. (2011)]. La pédagogie d'EP fait l'objet de nombreuses variations : avec ou sans systèmes de réaction personnelle; avec ou sans exigences de lecture préalables; combinée à l'enseignement en temps opportun ou utilisée seule. Dans les cours qui font appel à l'EP, les étudiants manifestent des gains considérables sur le plan de la compréhension conceptuelle, selon ce qui est mesuré par les tests uniformisés [Crouch et Mazur (2001); Fagen, Crouch et Mazur (2002); Singh (2005); Smith et al. (2009)]. De plus, le gain en compréhension conceptuelle qui résulte de l'EP se traduit par des aptitudes en résolution de problèmes supérieures à celles des étudiants dans les cours donnés de façon classique, quoique les activités de l'EP ne permettent pas habituellement d'enseigner de façon explicite aux étudiants comment résoudre des problèmes numériques classiques.

L'apprentissage par activités et « par l'action » trouve son fondement dans les principes du constructivisme, une théorie de l'apprentissage particulièrement pertinente à l'enseignement des sciences [Fensham, Gunstone et White (1994)]. Les méthodes constructivistes considèrent l'apprentissage comme un processus par lequel des particuliers acquièrent de nouveaux concepts en s'appuyant sur leurs connaissances antérieures et en intégrant la nouvelle information. Dans ce cadre, pour que l'apprentissage soit réussi, il est absolument crucial de mobiliser les connaissances antérieures des étudiants. Toutefois, dans l'enseignement de la physique, les idées qu'apportent les étudiants en classe comportent souvent des vices de raisonnement, lesquels perdurent souvent en dépit de la formation systématique qu'ils reçoivent [d'après McDermott et Redish (1999)]. Par exemple, certains vices de raisonnement en lien avec la mécanique newtonienne perdurent fréquemment chez les étudiants des cycles supérieurs, bien que ces thèmes aient été traités habituellement dans les cours d'initiation à la physique donnés en première année du premier cycle [McDermott (1990); McDermott et Redish (1999)].

La réussite de l'EP s'appuie en forte partie sur le recours à des questions conceptuelles significatives qui permettent aux pairs et aux enseignants de cerner les vices de raisonnement chez les étudiants, d'y faire face et de les dissiper. Souvent, les questions conceptuelles sont à choix multiples : chaque choix de réponse erroné correspond à une erreur ou un vice de raisonnement particulier et repérable. En guise d'avantage supplémentaire, la mise en pratique fréquente des questions à choix multiples (QCM) donne aux étudiants une confiance accrue lorsque vient le temps de remplir des évaluations officielles axées sur les QCM. Dans les groupes où les étudiants sont nombreux, les réponses des étudiants aux QCM employées pour l'EP sont souvent recueillies en temps réel au moyen de systèmes électroniques de réaction ou de systèmes de rendement en classe (les cliqueurs). Bien que les cliqueurs aient été conçus au départ pour surmonter les difficultés propres aux groupes où les étudiants sont nombreux, ils sont devenus des outils technologiques efficaces servant à appuyer la pédagogie de l'EP en classe, quel que soit le nombre d'étudiants. Une technologie répandue en matière de cliqueurs consiste en un récepteur de radiofréquences pour l'enseignant, en des cliqueurs pour chaque étudiant (dispositifs de vote), et en un logiciel de soutien pour l'analyse des réactions des étudiants. Une tendance davantage récente à ce chapitre consiste en des systèmes de vote de type cliqueur sur le Web, comme Web-Clicker (<https://webclicker.iclicker.com/>) ou TOP HAT (<https://tophat.com/>), lesquels ne nécessitent pas de dispositif matériel distinct pour l'enseignant ou les étudiants. Quel que soit leur type, les systèmes de réaction personnelle peuvent jouer un rôle exceptionnellement utile pour fournir aux enseignants un aperçu immédiat des idées et vices de raisonnement des étudiants en classe, si bien qu'ils peuvent rajuster leur enseignement en conséquence.

L'accès à des QCM de bonne qualité auxquelles les étudiants peuvent répondre en temps réel au moyen de systèmes de réaction personnelle joue un rôle essentiel dans de nombreux types d'EP. Heureusement, les enseignants en sciences ont produit une documentation abondante et axée sur la recherche pour favoriser la mise en œuvre de méthodes interactives d'enseignement, dont l'EP. Par exemple, nombreux sont les éditeurs de manuels de sciences qui fournissent désormais de riches banques de questions à choix multiples avec presque chaque manuel, quoique la qualité des questions varie considérablement. Puisque les physiciens ont compté parmi les premiers à recourir aux systèmes de réaction personnelle, un bon nombre de manuels de physique comportent des banques de questions particulièrement judicieuses pour appuyer la pédagogie de l'EP. De plus, certains enseignants créent et communiquent leurs propres questions à leurs collègues; il existe un nombre croissant de bases de données en ligne ayant pour objet de permettre aux enseignants la communication et la compilation de QCM efficaces en vue de l'EP.

Malgré le succès que remporte l'EP qui fait appel aux QCM pour rehausser les résultats d'apprentissage dans les cours de sciences, les avantages et inconvénients du recours aux QCM dans l'enseignement et l'évaluation continuent de susciter des débats. Selon certains critiques, l'une des préoccupations graves ayant trait à l'EP au moyen des QCM, c'est qu'une telle pédagogie amène les étudiants à choisir à partir de réponses préétablies, de sorte qu'ils n'apprennent ni à formuler leurs propres affirmations, ni à exprimer leurs propres idées [McDonald (2001); Brown, Race et Smith (2004)]. Certains enseignants avancent que l'utilisation des QCM à des fins d'évaluation permet aux étudiants de répondre intuitivement aux questions, sans nécessairement parvenir à comprendre les solutions [Cunningham (2005)]. Selon le nombre de choix de réponses pour chaque question (habituellement quatre ou cinq), les réponses par intuition occasionneront de 20 à 25 % de faux positifs. De plus, certains étudiants perçoivent que les QCM sont injustes par rapport aux questions ordinaires à développement complet car elles ne permettent pas de donner des notes partielles. Les étudiants peuvent croire que la principale raison pour laquelle les enseignants font appel aux QCM, c'est de gagner du temps dans l'attribution de notes. Un autre vice de raisonnement très répandu chez les étudiants, c'est que les notes attribuées aux tests avec QCM sont inférieures à celles des tests avec questions à développement (ce qui est faux, pour autant que les tests soient bien conçus). Nous étions motivés à mettre en œuvre des activités de rédaction de QCM en sus de l'EP pour contrebalancer certaines de ces préoccupations en donnant aux étudiants l'occasion de formuler leurs propres idées et en leur montrant dans quelle mesure les QCM sont soigneusement structurées afin de déceler les vices de raisonnement fréquents. Les recherches faites antérieurement sur l'utilisation de QCM générées par les étudiants sont limitées. Les auteurs Bottomley et Denny (2011) ont relaté une certaine réussite quant au recours à cette stratégie auprès d'étudiants en sciences biomédicales, à l'aide du logiciel PeerWise servant à obtenir la collaboration en ligne des étudiants. Ils ont relaté que les étudiants avaient hâte de participer et qu'ils avaient produit un important dépôt de QCM pertinentes et de bonne qualité.

### **1.3 L'enseignement des pairs modifié dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux à l'Université Ryerson**

L'Université Ryerson, qui compte environ 38 000 étudiants de premier cycle, est un établissement d'enseignement de taille moyenne à grande situé au centre-ville de Toronto. Cette université attire une population étudiante diversifiée sur les plans ethnique et linguistique. Comme d'autres universités de taille semblable, l'Université Ryerson offre plusieurs cours d'initiation à la science où les étudiants sont nombreux : dans un bon nombre de ces cours, on compte plus de 200 étudiants pour chaque section magistrale et on dénombre plus de 400 étudiants inscrits. De fait, les étudiants inscrits à ces cours sont issus de divers programmes (ou spécialisations) différents et font l'objet d'exigences d'admission variables, de sorte qu'ils présentent également des antécédents diversifiés quant à la formation acquise en sciences et en mathématiques. Afin de saisir la diversité des antécédents de ces étudiants et de comprendre leur rapport avec les résultats d'apprentissage, les chercheurs ont procédé à un sondage sociodémographique parallèlement aux autres mesures employées dans la présente étude.

Depuis 2007, des enseignants d'un bon nombre des cours d'initiation en sciences où les étudiants sont nombreux à l'Université Ryerson font la promotion de l'apprentissage actif par le recours à l'EP, assorti de systèmes de réaction personnelle. La méthode d'EP employée demande entre autres de poser des questions aux étudiants pour favoriser leur réflexion et les motiver à discerner les lacunes dans leur compréhension. Habituellement, les cours fondés sur l'EP consistent en de courts segments magistraux (d'une durée type de

7 à 15 minutes) entrecoupés de brèves interrogations en classe composées de questions conceptuelles, essentiellement à choix multiples. Chaque étudiant doit d'abord répondre à la question individuellement. Après un premier décompte de leurs réponses, les étudiants consacrent quelques minutes à débattre de leur choix avec de deux à quatre pairs pour tenter de convenir de la bonne réponse. Dans le processus d'EP, les étudiants apprennent à prêter attention aux concepts plutôt qu'à la mémorisation de faits. Il ressort de recherches faites antérieurement que ces activités d'EP ont comporté un effet positif sur le rendement et la persévérance scolaires des étudiants dans ce contexte [Antimirova, Noack et Milner-Bolotin (2009); Milner-Bolotin et al. (2011)].

En 2011, un enseignant a lancé une activité supplémentaire dont l'objet consistait à surmonter certains des problèmes liés à la fiabilité de la pédagogie de l'EP quant aux questions à choix multiples. Cette intervention supplémentaire visait à améliorer l'apprentissage des étudiants par la création de nouvelles QCM, à rehausser la participation et la collaboration des étudiants à l'aide d'activités en petits groupes, à donner aux étudiants l'occasion de formuler leurs propres idées et à promouvoir chez les étudiants un sentiment global de responsabilité quant à leur propre apprentissage et évaluation. La nouvelle activité permet d'élargir l'EP actuel à un cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux : ces derniers doivent collaborer en petits groupes à la création de leurs propres QCM d'après divers scénarios en physique. On a amené les étudiants à rédiger leurs propres questions conceptuelles à choix multiples, lesquelles comportaient la bonne réponse ainsi que des distracteurs qui correspondaient à des vices de raisonnement plausibles et fréquents. L'activité supplémentaire s'appuyait sur le travail réalisé au préalable par l'enseignant et remplaçait certaines activités d'EP par des activités autonomes réalisées en groupes et en collaboration au sujet du conflit cognitif [Kalman, Milner-Bolotin et Antimirova (2010)]. Bien que les résultats de ces activités de groupe en collaboration se soient révélés encourageants quant à l'amélioration de la compréhension conceptuelle des étudiants à propos des thèmes traités, leur durée trop longue empêchait d'y recourir en classe à intervalles réguliers.

Les éléments novateurs de cette intervention étaient les suivants :

- a) des questions à choix multiples (QCM) générées par les étudiants;
- b) la création de QCM intégrées aux activités faites en petits groupes et en collaboration durant les heures de cours et en ligne;
- c) l'intégration des QCM générées par les étudiants aux activités d'EP durant les évaluations et les heures de cours, si l'intervention est couronnée de succès.

#### 1.4 Objectifs de recherche

L'objet de la présente étude consistait à évaluer l'efficacité de l'enseignement des pairs assorti de la nouvelle activité de rédaction de QCM en petits groupes et en collaboration, comparativement à la méthode ordinaire d'enseignement des pairs sans l'activité supplémentaire.

Au moyen de l'étude, on cherchait à répondre à trois principales questions de recherche :

- a) Quel est l'effet de notre modèle de participation interactive (un enseignement des pairs modifié, assorti d'activités en petits groupes et en collaboration dont il a résulté l'élaboration de questions à choix multiples) par rapport au modèle ordinaire d'EP sur le plan du gain des étudiants en apprentissage conceptuel?

- b) Quel est l'effet de notre modèle de participation interactive par rapport au modèle ordinaire d'EP quant au changement dans la façon d'envisager la physique chez les étudiants, passant de néophytes à spécialistes?
- c) Quelles sont les perceptions des étudiants en ce qui concerne leur apprentissage dans notre modèle de participation active?

Nous concluons par un résumé des résultats liés à ces trois questions pour en arriver à une évaluation générale du rapport entre notre modèle de participation active et l'apprentissage conceptuel dans les cours d'initiation aux sciences.

## 2. Pédagogie et pratiques dans le cours

### 2.1 Contenu, structure et soutiens à l'apprentissage du cours

L'étude s'est déroulée durant les sessions d'automne 2012 et d'automne 2013 dans le cadre du cours « PCS120 : Physique I », un cours d'initiation à la physique obligatoire pour les étudiants de deux premières années au premier cycle de la faculté des sciences à l'Université Ryerson. Dans le prospectus des cours de cette université, le cours Physique 120 est décrit comme : « un cours axé sur le calcul et qui recoupe les concepts fondamentaux de la physique : les unités, les vecteurs, le mouvement linéaire, le mouvement circulaire, la force et le mouvement, le travail et l'énergie, les collisions, la gravitation, l'électrostatique, la capacité, et les simples circuits à c.c. » Ce cours se déroule habituellement durant deux ou trois sections magistrales parallèles. Bien que les différentes sections soient données par différents enseignants, le syllabus, les devoirs en ligne, les laboratoires et séances de tutorat obligatoires, de même que le système de notation des principales évaluations (l'évaluation de mi-session et l'examen final) sont les mêmes. L'inscription à ce cours est en croissance continue l'instauration des programmes de sciences à l'Université Ryerson à la session d'automne 2006 et il peut y avoir actuellement plus de 500 étudiants qui, chaque session, y sont inscrits.

Le cours est composé de trois heures d'enseignement magistral chaque semaine (habituellement réparties en une séance de deux heures et une séance d'une heure), une heure de séance de tutorat chaque semaine, de même que deux heures de séance en laboratoire chaque semaine suivante. Les séances de tutorat et en laboratoire sont dirigées par des adjoints à l'enseignement, qui sont habituellement des étudiants de cycles supérieurs en physique (ou, à l'occasion, en génie). Le nombre d'étudiants par séance de tutorat ou en laboratoire s'établit au maximum à 25.

À la session d'automne 2012, le cours était offert en deux sections, chacune donnée par un enseignant différent. À la session d'automne 2013, le cours était offert en trois sections, chacune donnée par un enseignant différent. Dans l'ensemble des cinq itérations du cours, les enseignants ont employé des techniques d'EP permettant aux étudiants de traiter la matière en collaboration. Les questions utilisées dans le cadre de l'EP étaient essentiellement conceptuelles et à choix multiples, sans nécessiter de calculs numériques. Dans chaque cas, le recours aux cliqueurs a appuyé la pédagogie de l'EP. Tant en 2012 qu'en 2013, les étudiants étaient tenus de lire le manuel avant de recevoir l'enseignement magistral. À la session d'automne 2012, les enseignants n'ont pas effectué de suivi quant à l'achèvement des lectures, tandis qu'à la session d'automne 2013, les étudiants devaient répondre à de courtes interrogations en ligne et

préalables à l'enseignement magistral, lesquelles étaient fondés sur les lectures avant de traiter la même matière au cours de l'enseignement magistral. De plus, les enseignants ont utilisé des tablettes pour donner leur enseignement magistral et s'en sont remis à la technologie du stylet Tablet PC pour procéder à des fonctions dérivées devant la classe plutôt que de présenter des diapositives statiques; une fois annotée par l'enseignant, la matière peut l'être également par les étudiants.

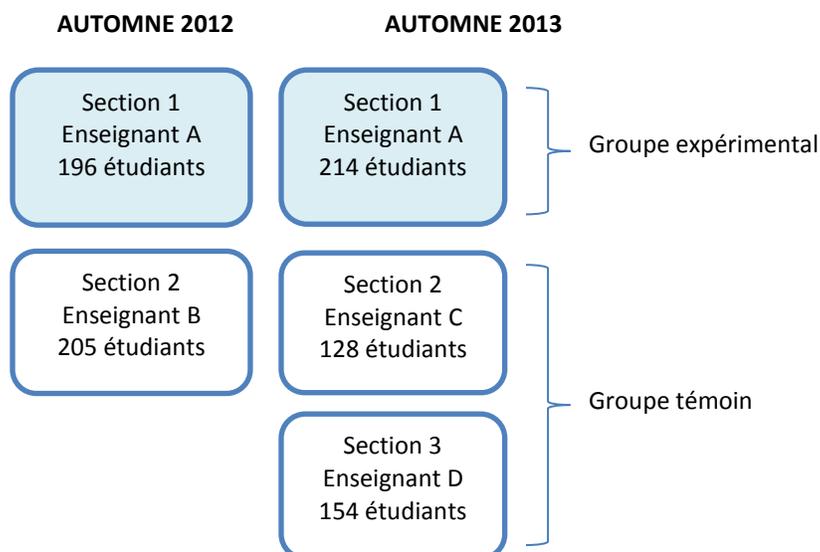
Les étudiants inscrits au cours reçoivent un enseignement dans des laboratoires de premier cycle ultramodernes, lesquels donnent accès à des sondes, à des capteurs et au logiciel LoggerPro de l'entreprise Vernier Software & Technology (<http://www.vernier.com/>), de sorte que les élèves peuvent recueillir les données en temps réel, les stocker et les manipuler. Ils avaient également accès à des outils d'analyse vidéo, au moyen desquels ils enregistraient des vidéos et récupéraient les données expérimentales à partir des enregistrements. Au moyen de ces nouvelles technologies servant à la collecte, à la diffusion en continu et au stockage des données, les étudiants pouvaient se concentrer sur les concepts, mettre en œuvre de nombreux scénarios expérimentaux pour ensuite manipuler, visualiser et analyser efficacement les données recueillies.

En outre, les étudiants bénéficiaient d'importants soutiens à l'apprentissage à l'extérieur des séances en classe et en laboratoire. Pendant toute la durée du cours, ils disposaient des notes de cours et de la matière supplémentaire, y compris les solutions aux questions des séances de tutorat, des exemples d'examens antérieurs et des problèmes pour fins d'exercice à l'aide du système de gestion de cours en ligne de l'université (Blackboard). Les étudiants étaient également tenus de se servir de « MasteringPhysics » (<http://www.pearsonmylabandmastering.com/northamerica/masteringphysics/>), un programme d'auto-formation et de devoirs en ligne qui permet aux étudiants de progresser dans la résolution de problèmes à leur propre cadence en vue de mener à bien plusieurs devoirs exhaustifs tout au long de la session. Conformément à une méthode d'enseignement en temps opportun [Simkins et Maier (2010)], les étudiants étaient invités à faire parvenir leurs questions à l'enseignant après avoir terminé les lectures obligatoires et avant le cours magistral. Or, à notre connaissance, peu d'étudiants ont saisi cette occasion. Enfin, les étudiants avaient accès sans rendez-vous à des séances d'études ordinaires animées par des pairs de même qu'aux enseignants durant les heures de bureau.

## 2.2 Les activités de rédaction des questions à choix multiples

Dans le cours donné à la session d'automne 2012 et à la session d'automne 2013, une section intégrait la nouvelle forme modifiée d'EP, dans laquelle les étudiants devaient collaborer en petits groupes pour créer leurs propres QCM. Les deux sections du cours faisant appel aux nouvelles activités étaient données par le même enseignant (un membre de l'équipe de recherche), tandis que les trois sections du cours faisant appel à l'EP sous sa forme classique étaient données chacune par différents enseignants. Les étudiants dans les deux sections qui ont fait appel aux nouvelles activités (une à la session d'automne 2012, et l'autre à la session d'automne 2013) portent la désignation de groupe « expérimental », tandis que les étudiants des autres sections correspondent au groupe « témoin ».

Graphique 1 : Plan de recherche



Durant la première moitié du cours, on a enseigné aux étudiants du groupe expérimental à mettre au point des QCM en classe. Souvent, on a posé à ces étudiants des questions ouvertes pendant le cours magistral pour ensuite leur demander de collaborer en petits groupes (de trois à cinq étudiants) en vue de produire plusieurs choix de réponses plausibles à une QCM faisant l'objet subséquemment de discussions par le groupe au complet. Il fallait consacrer à cette activité en collaboration davantage de temps en classe que pendant le recours aux techniques ordinaires d'EP. Les activités ordinaires d'EP englobent souvent trois ou quatre questions dont les étudiants peuvent discuter ensemble pendant 15 à 20 minutes. Par contre, la discussion en collaboration d'une question ouverte, la proposition de choix de réponses erronées et plausibles en lien avec les vices de raisonnement fréquents de même que la formulation d'un bon choix de réponse nécessite au moins 20 minutes pour une seule question. En raison du temps qu'il fallait consacrer à cette activité, on ne pouvait y recourir ni à chaque cours, ni même à chaque semaine. L'insertion trop fréquente d'activités en classe qui prennent du temps comportait certains risques, dans l'éventualité où celles-ci ne contribuaient pas sensiblement à l'apprentissage des étudiants et empiétaient sur le temps consacré à des stratégies davantage efficaces. Les étudiants qui prenaient part aux activités de rédaction des QCM en classe n'obtenaient pas de crédits supplémentaires. Le suivi de la participation aux activités en classe au sein d'un groupe où les étudiants sont nombreux s'est révélé tout simplement inconfortable. Les activités en classe avaient pour objet principal d'initier les étudiants à la rédaction de QCM et de modéliser le processus dont ils pourraient se servir pour rédiger eux-mêmes des questions.

Durant la deuxième moitié du cours, on a amené les étudiants à prendre part à la création de QCM à l'aide du babillard en ligne du cours dans le système de gestion du cours. Les étudiants obtenaient un crédit s'ils menaient à bien l'une des activités suivantes : téléverser un scénario en physique qui pourrait servir à créer une (ou des) question(s) à choix multiples; téléverser une question à choix multiples au complet; téléverser un choix de réponses (une bonne réponse ou une mauvaise réponse qui constitue un distracteur plausible) ayant trait à un scénario téléversé par d'autres étudiants; ou présenter des commentaires significatifs ou

une critique constructive du contenu téléversé par les autres étudiants. On a rappelé aux étudiants que la critique des contributions de leurs pairs devait être constructive et avoir pour objet d'améliorer les questions. Afin d'obtenir le crédit en lien avec cette activité, les étudiants devaient poser des questions qualitatives ou semi-quantitatives. Aucun crédit n'était attribué en lien avec les questions purement numériques nécessitant des calculs. De plus, les problèmes téléversés devaient révéler une certaine originalité.

Les étudiants inscrits dans le groupe expérimental étaient en mesure de bonifier leur note de 2 % s'ils participaient volontairement à la création de QCM pour ensuite téléverser leur travail dans le babillard en ligne du cours. Près de 60 % des étudiants ont saisi cette occasion. Lorsque les étudiants se sont mis à présenter leurs travaux, il est devenu évident que certains étudiants n'avaient pas pris au sérieux l'exigence d'originalité et qu'ils avaient tenté de téléverser des questions et problèmes existants tirés directement des manuels, des sites Web et des banques de tests. La plupart du temps, il s'agissait apparemment d'une erreur involontaire d'étudiants qui ne saisissaient pas le sens du mot « original » et ont téléversé les questions qu'ils aimaient pour en faire part aux autres étudiants du cours. À la suite de ce résultat inattendu, on a saisi l'occasion de faire participer les étudiants à une conversation sur le plagiat. Il est également ressorti de cette situation que les étudiants ont besoin de directives très claires et détaillées sur ce que cette activité exige, car de nombreux étudiants n'avaient jamais produit leurs propres QCM. On avait l'intention d'intégrer les QCM produites par les étudiants aux évaluations officielles de cours, mais on a changé d'idée devant la qualité relativement médiocre de ces questions.

### 3. Méthodologie

On a évalué l'incidence des nouvelles activités de rédaction de QCM sur les résultats des étudiants dans le cours à l'aide d'un agencement de méthodes quantitatives et qualitatives.

#### 3.1 Mesures quantitatives

Des méthodes vigoureuses d'évaluation de l'efficacité de l'enseignement sont bien établies au sein de la discipline que constitue la physique. Au milieu des années 1990, on a élaboré des tests préalables et postérieurs à l'enseignement à l'aide d'instruments diagnostiques fiables comme les répertoires de concepts et les évaluations des façons d'envisager, si bien qu'une quantité phénoménale de données ont été recueillies à partir de divers cours en physique dans les établissements d'enseignement à l'échelle mondiale. La présente étude s'appuie essentiellement sur deux mesures fréquemment employées et validées dans la recherche sur l'enseignement en physique : le test Force Concept Inventory – Physics (FCI) [Hake (1998)] et le sondage Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS) [Adams et al. (2006)]. D'une part, le test Force Concept Inventory (FCI) est un instrument diagnostique bien établi afin de mesurer la compréhension des étudiants quant à la mécanique newtonienne de base qui, de coutume, constitue le point de mire des cours d'initiation à la physique [Hestenes et al. (1992; Huffman et Heller (1995); Thornton et Sokoloff (1998); Thornton et al. (2009)]. Le test FCI permet de mesurer l'apprentissage conceptuel au moyen de 30 questions à choix multiples qui demandent aux étudiants de mettre en application des concepts scientifiques pour comprendre des problèmes « concrets » et les résoudre. Bien que certains chercheurs aient exprimé des préoccupations en lien avec la validité limitée de ce test, la grande majorité des données issues de sa mise en application au cours des vingt dernières années permettent de penser que

le rendement des étudiants en lien avec celui-ci présente une mesure valable de l'apprentissage conceptuel et entre en corrélation positive avec d'autres instruments diagnostiques [Thornton et Sokoloff (1998); Thornton et al. (2009)]. En raison de sa conception, il faut faire passer le test FCI aux étudiants à deux moments précis : au début et à la fin d'une unité d'enseignement (comme un cours). La différence entre la note préalable à l'enseignement et celle postérieure à l'enseignement correspond au gain absolu des étudiants au chapitre de la compréhension conceptuelle, également appelé gain selon Hake. Celui-ci est un ratio permettant de saisir la quantité de nouvelle matière apprise par les étudiants dans le cours par rapport à la quantité maximale de matière qu'ils auraient pu apprendre (la matière qu'ils ne connaissaient pas au préalable). Le gain selon Hake ( $\langle g \rangle$ ) est calculé comme suit :

$$\langle g \rangle = \frac{FCI_{t_2} - FCI_{t_1}}{FCI_{\max} - FCI_{t_1}}, \quad \text{où } FCI_{\max} = 30$$

Dans le présent document, le gain selon Hake est employé comme mesure de l'amélioration (ou de la régression) des étudiants en ce qui touche la compréhension conceptuelle de la matière traitée dans le cours Physique 120.

D'autre part, la façon qu'ont les étudiants d'envisager la science a été mesurée à l'aide du sondage Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS), lequel permet d'évaluer celle-ci en fonction de huit sous-domaines et de différencier la façon d'envisager la science qui caractérise les néophytes de celle qui caractérise les spécialistes [Winter et al. (2001); Adams et al. (2004); Perkins et al. (2005); Adams et al. (2006)]. Le sondage CLASS comporte 42 énoncés selon l'échelle de Likert groupés en huit catégories : l'intérêt personnel; les liens concrets; les liens conceptuels; l'effort d'interprétation; le perfectionnement de la résolution de problèmes; la confiance dans la résolution de problèmes; la résolution de problèmes en général; et la compréhension conceptuelle appliquée. Ces catégories ont été mises au point de façon empirique, à partir des réponses des étudiants au sondage, et elles révèlent que les étudiants entretiennent des idées relativement constantes à propos de l'apprentissage de la physique et de la résolution de problèmes. À l'exemple du test FCI, le sondage CLASS est un outil très répandu et validé, conçu pour servir au début et à la fin d'une séance d'enseignement (comme un cours), dans l'optique d'évaluer les changements dans la façon d'envisager propre aux étudiants. L'analyse des données du sondage CLASS se déroule selon des méthodes détaillées et uniformisées, y compris des tests servant à déceler le biais dans les réponses ainsi qu'une question « à réponse spécifiée » située vers la fin du sondage pour évaluer si les étudiants lisent chaque question attentivement.

Outre ces deux mesures validées, l'équipe de recherche a mis au point un sondage sociodémographique pour recueillir davantage d'information en vue de compléter l'analyse. Ce sondage a permis de recueillir de l'information sur les caractéristiques démographiques des étudiants (comme leur âge, leur sexe, leur appartenance à une minorité visible, leur maîtrise de la langue anglaise, leur statut d'immigrant, leur situation de personne handicapée, leurs conditions de vie), leurs antécédents scolaires (achèvement au préalable de cours en sciences ou en maths), les autres domaines auxquels ils consacrent du temps durant l'année (travail rémunéré, études, déplacements quotidiens), ainsi que de l'information pour leurs parents (niveau de scolarité, emploi et intérêt envers la science). Puisque des recherches précédentes ont révélé que les caractéristiques sociodémographiques des étudiants influent sur leurs résultats d'apprentissage [Noack, Antimirova et Milner-Bolotin (2009); Milner-Bolotin et al. (2011)], certaines caractéristiques ont servi de

variables de contrôle dans le modèle de régression servant à prévoir l'effet de l'intervention dans la présente étude.

Les notes officielles obtenues dans le cours ne servent pas de mesure de réussite dans la présente étude, car il était impossible d'obtenir cette information des étudiants participants avant que le cours prenne fin.

### *3.1.1 Collecte et analyse des données quantitatives*

À chacune des sessions d'automne 2012 et d'automne 2013, on a recueilli des données durant la deuxième semaine d'enseignement (le test préalable) et la douzième semaine d'enseignement (le test postérieur) dans chaque section du cours Physique 120. À la deuxième semaine de la session d'automne 2012, les étudiants devaient remplir trois sondages en format papier (le test FCI, le sondage CLASS de même que le sondage démographique) durant deux séances distinctes de 15 minutes; à la deuxième semaine de la session d'automne 2013, les étudiants devaient remplir ces trois sondages en une seule séance de 80 minutes. On a signalé d'avance aux étudiants l'étude de recherche et le caractère volontaire de la participation à celle-ci, puis on leur a également demandé de remplir un formulaire de consentement éclairé décrivant en détail la confidentialité de leurs réponses. Tous les étudiants ont obtenu des crédits de participation au cours pour avoir mené à bien le test FCI, peu importe s'ils ont consenti ou non à ce que leurs données fassent partie de la présente étude. Histoire d'éviter tout biais réel ou perçu, l'enseignant qui faisait partie de l'équipe de recherche n'était présent en classe ni au moment où l'étude a été présentée aux étudiants, ni lorsque les formulaires de consentement et les sondages sociodémographiques ont été remplis. Les enseignants n'ont appris le consentement des étudiants relatif à l'inclusion de leurs données dans la présente étude qu'une fois le cours terminé et les notes finales attribuées. À la douzième semaine de chaque session, les étudiants ont mené à bien le test FCI et le sondage CLASS en une seule séance d'une heure, puis ils ont répondu à trois autres questions à propos de leur présence en classe et de leur utilisation des soutiens à l'apprentissage durant la session. Une fois de plus, les étudiants ont obtenu des crédits de participation au cours pour avoir mené à bien le test FCI, peu importe s'ils ont consenti ou non à l'inclusion de leurs données dans la présente étude. Ce protocole de recherche a été approuvé par le comité d'éthique et de la recherche de l'Université Ryerson.

Les étudiants ont répondu au test FCI et au sondage CLASS sur des formulaires de type Scantron; les données s'y rapportant ont été traitées par voie électronique puis importées vers le logiciel SPSS pour fins d'analyse. Les données du sondage sociodémographique ont été saisies par voie manuelle dans le logiciel SPSS. Le jumelage des données s'est fait à l'aide des numéros d'identification des étudiants attribués par cette université. Seuls les étudiants qui ont : i) consenti à prendre part à l'étude et ii) mené à bien au moins une paire de mesures relatives au test préalable et au test postérieur (le test FCI ou le sondage CLASS) font partie de l'analyse ci-dessous. On a exclu de l'analyse des façons d'envisager des étudiants ceux dont les résultats du CLASS révélaient un biais de réponse ou l'omission de lire chaque question. On a procédé à une analyse bivariable afin d'évaluer s'il y avait des différences démographiques statistiquement significatives entre les groupes expérimental et témoin et de répondre à la première des deux questions de recherche mentionnées ci-dessus : l'effet de l'instauration d'activités de rédaction de QCM sur le gain des étudiants en apprentissage conceptuel, de même que l'effet sur la façon qu'ont les étudiants d'aborder la physique.

### 3.1.2 Description des répondants

Au total, 465 étudiants sur 896 ont consenti à prendre part à la recherche et mené à bien au moins une paire de mesures du test préalable et du test postérieur, ce qui donne un taux de réponse partiel de 52 % (voir le tableau 1). De ce nombre, 388 étudiants ont rempli tous les éléments de la recherche employés dans l'analyse ci-dessous (le FCI préalable au test et postérieur au test, le CLASS préalable au test et postérieur au test, et le sondage sociodémographique), ce qui donne un taux de réponse complet de 43 %. Un tel écart est essentiellement imputable aux étudiants qui n'ont pas mené à bien le sondage CLASS à au moins une des deux séances de collecte de données parce qu'ils n'obtenaient pas en retour de crédits de participation au cours. Comme le montre le tableau 1, les taux de réponse étaient légèrement supérieurs en 2012 qu'en 2013. Cette situation s'explique peut-être par le fait que la présentation de la recherche de même que la répartition et la collecte des tests, des enquêtes et des formulaires de consentement étaient moins précipitées en 2012, année où ce processus était réparti entre deux séances en classe et où les étudiants avaient davantage le temps de répondre aux questions. En 2013, certains enseignants n'étaient disposés qu'à accorder une seule séance en classe en vue de la collecte des données au début de la session, de sorte que nous nous sommes efforcés de recourir au même calendrier pour chacune des sections du cours, par souci de cohérence. La présentation de la recherche de même que la répartition de la collecte et du matériel de recherche ont donc été sensiblement plus précipitées en 2013.

**Tableau 1 : Taux de réponse par année et section**

Cours	Étudiants inscrits au cours Physique 120	Étudiants ayant consenti à au moins un test postérieur et achevé celui-ci	Étudiants ayant consenti à toutes les mesures et mené à bien celles-ci	Taux de réponse partiel	Taux de réponse complet
Automne 2012					
Section expérimentale (enseignant A)	196	127	107	64,8 %	54,6 %
Section témoin (enseignant B)	205	113	99	55,1 %	48,3 %
<i>Total, 2012</i>	<i>401</i>	<i>240</i>	<i>206</i>	<i>59,9 %</i>	<i>51,4 %</i>
Automne 2013					
Section expérimentale (enseignant A)	214	93	76	43,5 %	35,5 %
Section témoin 1 (enseignant C)	128	65	56	50,8 %	43,8 %
Section témoin 2 (enseignant D)	154	67	50	43,5 %	32,5 %
<i>Total, 2013</i>	<i>496</i>	<i>225</i>	<i>182</i>	<i>45,4 %</i>	<i>36,7 %</i>
<b>Total</b>	<b>897</b>	<b>465</b>	<b>388</b>	<b>51,8 %</b>	<b>43,3 %</b>

Le tableau 2 montre la répartition des répondants en fonction des principales caractéristiques démographiques et scolaires dans l'ensemble et relativement aux groupes expérimental et témoin de façon distincte. Il convient de souligner qu'il existe peu de différences appréciables entre la composition du

groupe témoin et celle du groupe expérimental, ce qui donne à penser que les différences dans les résultats d'apprentissage entre les deux groupes se rapportent à des pratiques d'enseignement plutôt qu'à des différences préalablement existantes entre les étudiants.

Globalement, chez la population étudiante ayant pris part à cette recherche, la majorité était constituée de femmes (55 %) et avait 18 ans ou moins (62 %). Signe de la diversité de l'Université Ryerson en tant qu'université urbaine, cette population étudiante a déclaré en majorité (60 %) qu'elle appartenait à une minorité visible et qu'elle était, à 40 %, née à l'extérieur du Canada. Plus de la moitié de cette population (47 %) a fait état d'une langue maternelle autre que l'anglais, pendant qu'environ le tiers (35 %) a relaté que l'anglais n'est pas la langue qu'elle parle principalement à la maison.

Trois étudiants sur cinq ayant pris part à la présente recherche (62 %) affirment qu'ils ont mené à bien un cours de physique de 12<sup>e</sup> année couronné la plupart du temps de la note « A » ou « B ». Environ les deux tiers de la population étudiante (65 %) affirment qu'elle préfère étudier seule, ce qui contraste avec le format en petit groupe et en collaboration de la nouvelle activité lancée.

Dans le groupe témoin comme dans le groupe expérimental, la grande majorité des étudiants a signalé avoir assisté à « tous » les cours magistraux et séances de tutorat ou à « la plupart » de ceux-ci durant chaque session (sur une période de 9 à 13 semaines). Il est possible que cette forte présence découle du fait que la collecte des données s'est déroulée durant les heures de cours, de sorte que les étudiants qui étaient souvent absents en classe sont moins susceptibles de faire partie de la présente étude.

**Tableau 2 : Répartition des caractéristiques des étudiants selon le groupe (n=449)**

Caractéristiques		Expérimental (%)	Témoin (%)	Total (%)
Sexe	Femmes	57,2	54,2	55,6
	Hommes	42,8	45,8	44,4
Groupe d'âge	18 ans et moins	62,6	63,1	62,9
	19-22 ans	25,2	29,6	27,6
	23 ans ou plus	12,1	7,3	9,6
Appartenance à une minorité visible	Minorité visible	64,0	57,3	60,4
	Minorité non visible	36,0	42,7	39,6
Statut d'immigrant	A immigré il y a moins de 10 ans	20,1	21,9	21,1
	A immigré il y a plus de 10 ans	21,1	18,0	19,5
	Né au Canada	58,8	60,1	59,5
Langue maternelle	Autre langue	45,4	47,9	46,7
	Anglais	54,6	52,1	53,3
Langue principalement parlée à la maison	Autre langue	35,6	33,6	34,5
	Anglais	64,4	66,4	65,5

Caractéristiques		Expérimental (%)	Témoin (%)	Total (%)
A mené à bien un cours de physique de 12 <sup>e</sup> année	Non	38,3	38,0	38,1
	Oui	61,7	62,0	61,9
Note obtenue au cours de physique en 12 <sup>e</sup> année	A	37,2	35,9	36,5
	B	35,1	40,1	37,7
	C	14,1	13,8	14,0
	D	6,3	2,8	4,4
	Ne sais pas	7,3	7,4	7,4
Programme d'études*	Biologie	42,1	29,6	35,4
	Science biomédicale <sup>1</sup>	8,4	22,3	15,9
	Chimie	14,9	13,3	14,0
	Science contemporaine	9,4	5,2	7,1
	Mathématiques et ses applications	6,4	9,4	8,0
	Physique médicale	8,4	12,9	10,8
	Science non déclarée	10,4	7,3	8,7
Façon privilégiée d'étudier	Étudier seul	63,6	65,8	64,7
	Étudier avec une autre personne	23,3	20,7	22,0
	Étudier avec deux personnes ou plus	13,1	13,5	13,3
Présence aux cours magistraux	Systématique ou fréquente (9-13 semaines)	87,6	89,5	88,6
	Faible (0-8 semaines)	12,4	10,5	11,4
Présence aux séances de tutorat	Systématique ou fréquente (9-13 semaines)	90,8	91,0	90,9
	Faible (0-8 semaines)	9,2	9,0	9,1

<sup>1</sup> C'est à l'automne 2013 que le programme de science médicale a été offert pour la première fois à l'Université Ryerson, de sorte que les étudiants de ce programme n'ont donc pris part à la collecte des données qu'en deuxième année.

\* Révèle une différence statistiquement significative entre les groupes au niveau  $p < 0,05$  au moyen des tests de chi-carré.

La seule différence statistiquement significative entre les groupes expérimental et témoin se rapporte au programme auquel les étudiants étaient inscrits dans la formule ( $\chi^2=25,26$ ;  $df=6$ ;  $p < 0,000$ ). Cet écart a vraisemblablement trait aux phénomènes de l'inscription à l'horaire des cours obligatoires de première session pour les élèves dans les différents programmes menant à un grade. Les étudiants du groupe expérimental avaient davantage tendance à être inscrits à un programme de biologie, de science contemporaine ou de science non déclaré (un programme général d'intégration). Par contre, les étudiants du groupe témoin étaient vraisemblablement davantage inscrits dans un programme de science biomédicale, de mathématiques ou de physique médicale. Peut-être que les étudiants inscrits à différents programmes étaient motivés différemment pour apprendre la technique. Fait à souligner, malgré les diverses exigences d'admission pour chaque programme menant à un grade, les étudiants des deux groupes étaient susceptibles à parts égales d'avoir mené à bien le cours de physique en 12<sup>e</sup> année.

### 3.2 Collecte des données qualitatives et répondants

Outre les mesures quantitatives décrites ci-dessus, l'équipe de recherche estimait important de comprendre les expériences suggestives vécues par les étudiants dans l'élaboration de QCM en petits groupes. Nous avons cherché à recueillir les perceptions des étudiants quant à l'utilité de la nouvelle activité, à comprendre si celle-ci contribuait selon eux à l'apprentissage comparativement à d'autres éléments de l'apprentissage actif employés en classe, et à en savoir plus sur les difficultés qu'ils ont éprouvées. Dans le formulaire de consentement, il y avait une question demandant aux étudiants s'ils consentaient à donner une entrevue à un membre de l'équipe de recherche, une fois le cours terminé. Il a fallu attendre les sessions d'hiver 2013 et d'hiver 2014 (respectivement) pour mener les entrevues afin d'éviter que les enseignants sachent quels étudiants avaient consenti à prendre part à la recherche durant la prestation du cours. Au total, 81 étudiants du groupe expérimental ont consenti à une entrevue (32 en 2012, et 49 en 2014). Chaque mois de janvier, les étudiants qui s'étaient portés volontaires pour prendre part à une entrevue recevaient un courriel de recrutement en guise de rappel relatif à l'étude et dans lequel étaient décrites les prochaines étapes d'inscription à l'horaire de l'entrevue. Peu d'étudiants ont répondu à ce courriel; au total, malgré les nombreux efforts de suivi, seuls 18 étudiants ont donné une entrevue. Les étudiants qui ont accordé une entrevue ont reçu une rétribution de 20 \$.

Chaque intervieweur s'est servi d'un guide d'entrevue semi-directif, et les entrevues ont duré de 25 à 50 minutes. Les étudiants devaient répondre à des questions sur leur perception des outils pédagogiques et technologiques employés dans le cours, puis ils devaient à réfléchir à leur propre apprentissage. Ils ont dû indiquer, en particulier, en quoi chacun des divers éléments du cours contribuait à leur apprentissage. Chaque étudiant interviewé devait signer un formulaire de consentement éclairé avant l'entrevue et on leur a rappelé leur droit de refuser de répondre aux questions ou d'interrompre leur participation en tout temps. On a enregistré les entrevues sur bandes audio et vidéo, puis elles ont été transcrites de façon sélective. L'équipe de recherche a analysé les données des entrevues en fonction des principaux thèmes. Dans l'ensemble, 11 étudiantes et 7 étudiants ont donné une entrevue. Ces personnes en étaient majoritairement à leur première année d'études. Elles étaient inscrites à divers programmes : trois en biologie, deux en chimie, deux en mathématiques, deux en science contemporaine, deux en physique médicale, deux en science biomédicale et une dans un programme inconnu (vraisemblablement un programme ne menant pas à un certificat).

## 4. Principales constatations

### 4.1 Première question de recherche : L'effet des activités de rédaction de QCM sur les gains en apprentissage conceptuel des étudiants

*Quel est l'effet de notre modèle de participation interactive (un enseignement des pairs modifié, assorti d'activités en petits groupes et en collaboration dont il a résulté l'élaboration de questions à choix multiples) par rapport au modèle ordinaire d'EP sur le plan du gain des étudiants en apprentissage conceptuel?*

Tel qu'il est décrit au préalable, on a mesuré l'apprentissage conceptuel des étudiants au moyen du test Force Concept Inventory – Physics comportant 30 questions. Le tableau 3 révèle le gain absolu (selon Hake) et normalisé dans les notes au test FCI entre la deuxième et la douzième semaine chez les étudiants dans

l'ensemble, selon l'année et le groupe. Le gain selon Hake de 31 % en moyenne dans l'ensemble s'est situé dans la fourchette prévue pour un cours faisant appel à des techniques interactives d'enseignement, quoiqu'il ait figuré au bas de l'échelle de la fourchette, comme on pouvait s'y attendre en ce qui touche les groupes où les étudiants sont nombreux [Hake (1998)]. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative dans les gains absolus ou normalisés d'apprentissage conceptuel entre les cohortes de l'étude faite en 2012 et celle réalisée en 2013 (gains absolus :  $F=0,124$ ;  $df=1\ 416$ ;  $p=0,725$ ; gains normalisés :  $F=0,762$ ;  $df=1\ 415$ ;  $p=0,383$ ). On a cependant constaté une différence statistiquement significative dans les gains absolus et normalisés entre les groupes expérimental et témoin (gains absolus :  $F=8,225$ ;  $df=1\ 416$ ;  $p=0,004$ ; gains normalisés :  $F=5,886$ ;  $df=1\ 415$ ;  $p=0,016$ ). En effet, les étudiants du groupe expérimental ont affiché les gains d'apprentissage normalisés en moyenne les plus considérables (33 %), ce qui porte à croire que les activités de rédaction de QCM ont favorisé chez ces étudiants l'assimilation de connaissances préalablement inconnues en physique. Les gains d'apprentissage normalisés en moyenne du groupe témoin étaient inférieurs de 6 points de pourcentage. En outre, les étudiants du groupe expérimental ont réalisé les gains d'apprentissage absolus les plus importants, forts d'une moyenne de 6,6 bonnes réponses de plus aux questions dans le test FCI postérieur que dans le test FCI préalable. Par contre, les gains absolus en moyenne chez les étudiants du groupe témoin se situaient à 5,4 bonnes réponses aux questions.

**Tableau 3 : Gains normalisés et absolus en moyenne dans l'apprentissage des étudiants, selon le groupe et l'année (n=418)**

	Moyenne dans l'ensemble	Résultat en moyenne selon le groupe		Résultat en moyenne selon l'année	
		Expérimental	Témoin	2012	2013
Gains selon Hake (normalisés)	30,7 % (ET=25,4)	33,9 %* (ET=23,5)	27,9 %* (ET=26,8)	29,7 % (ET=27,7)	31,9 % (ET=22,6)
Gains absolus	6,0 (ET=4,3)	6,6* (ET=4,7)	5,4* (ET=3,8)	6,0 (ET=4,6)	5,9 (ET=3,9)
Résultat au test FCI préalable	10,1 (ET=5,4)	9,8 (ET=5,6)	10,3 (ET=5,6)	9,9 (ET=5,1)	10,2 (ET=5,7)
Résultat au test FCI postérieur	16,0 (ET=5,8)	16,4 (ET=5,8)	15,7 (ET=5,8)	15,9 (ET=5,6)	16,1 (ET=5,9)

\*Révèle une différence statistiquement significative entre les groupes au niveau  $p<0,05$  à l'aide des analyses de variance à un facteur.

Une analyse des rapports entre les gains d'apprentissage normalisés (selon Hake) ainsi que les caractéristiques démographiques et scolaires des étudiants, qui figurent dans le tableau 4, révèle une certaine tendance claire. À l'exemple en quelque sorte des résultats des recherches menées préalablement [Noack, Antimirova et Milner-Bolotin (2009)], les étudiantes réalisent en moyenne des gains d'apprentissage normalisés en moyenne nettement inférieurs à ceux des étudiants ( $F=8,463$ ;  $df=1\ 397$ ;  $p=0,004$ ). Dans la présente étude, les gains normalisés des étudiantes étaient en moyenne inférieurs de 7,4 points de pourcentage à ceux des étudiants. Bien que les étudiantes soient globalement plus nombreuses que les

étudiants à faire des études de premier cycle, elles demeurent nettement moins enclines que ces derniers à se spécialiser en mathématiques, en génie et en sciences, à opter pour une profession dans ces domaines ou à poursuivre des études de cycle supérieur s'y rapportant. Souvent, ce résultat est considéré comme l'un des effets des stéréotypes négatifs axés sur le sexe. Nos résultats semblent indiquer que les stéréotypes hommes-femmes [Guimond et Roussel (2001)] continuent de nuire à l'apprentissage des femmes en physique, bien qu'elles choisissent d'étudier en sciences et que des femmes soient présentes en tant que modèles à suivre : dans la présente étude, des enseignantes intervenaient dans trois des cinq sections de cours. Chez les étudiantes, les gains normalisés en moyenne ne différaient pas sensiblement en ce qui concerne le sexe de l'enseignant ( $F=1,542$ ;  $df=1\ 220$ ;  $p=0,216$ ). Il est possible que les étudiantes aient été défavorisées à cause des perceptions stéréotypées selon lesquelles les femmes s'intéressent essentiellement aux sciences des « soins » ou « molles » (comme les techniques infirmières et les programmes de formation des sages-femmes), de sorte que les attentes scolaires véhiculées diffèrent de celles en lien avec les sciences « de recherche » ou « dures ». Il se peut que les étudiantes soient défavorisées dans leurs rapports au sein du groupe résultant des suppositions fondées sur le sexe qu'entretiennent les autres étudiants, adjoints à l'enseignement ou enseignants, ce qui influencerait sur leur disposition à s'exprimer, à formuler des questions ou à remettre en question les idées. Enfin, il est possible que les femmes se sentent inconfortables ou soient défavorisées dans le monde masculin de la science en général [Kelly (1985)].

De plus, les résultats révèlent que les étudiants adultes comptaient des gains normalisés moyens sensiblement supérieurs à ceux des étudiants de la tranche d'âge type des 18-22 ans ( $F=3,319$ ;  $df=2\ 391$ ;  $p=0,037$ ). Souvent, les étudiants adultes ont des motivations en matière d'apprentissage qui diffèrent de celles de leurs jeunes homologues, et ils s'investissent peut-être davantage dans l'amélioration de leur niveau de compréhension conceptuelle. La motivation intrinsèque est souvent ce qui différencie les étudiants adultes de leurs jeunes homologues [Murphy et Roopchand (2003)].

Bien que ni l'appartenance à une minorité visible, ni le statut d'immigrant n'influent clairement sur les gains d'apprentissage normalisés (appartenance à une minorité visible :  $F=0,386$ ;  $df=1\ 390$ ;  $p=0,535$ ; statut d'immigrant :  $F=3,592$ ;  $df=1\ 396$ ;  $p=0,059$ ), tel est manifestement le cas de la maîtrise de la langue anglaise. En effet, les étudiants dont la langue maternelle est l'anglais ou qui s'expriment surtout en anglais à la maison affichent des gains normalisés en moyenne sensiblement supérieurs aux autres étudiants (langue maternelle :  $F=4,888$ ;  $df=1\ 396$ ;  $p=0,028$ ; langue parlée à la maison :  $F=6,941$ ;  $df=1\ 393$ ;  $p<0,000$ ). Puisque l'anglais est la langue première de la classe à l'Université Ryerson, il se peut que les étudiants en cause réalisent des gains moindres à partir de leurs heures de cours en classe et de leur participation aux activités en petits groupes. Il est également possible que les étudiants ayant moins confiance en leurs aptitudes en anglais – pour quelque raison que ce soit – ne puissent pas déchiffrer aussi bien les QCM employées dans le test FCI, de sorte que cette mesure risque donc de refléter de façon moins précise leur apprentissage conceptuel. Pareil résultat est le reflet de ceux obtenus par d'autres chercheurs; à titre d'exemple, les chercheurs qui ont systématiquement fait passer le test FCI aux étudiants à l'Université Khalifa des sciences, de la technologie et de la recherche (KU) aux Émirats arabes unis ont constaté que les gains normalisés étaient fortement modulés en fonction des aptitudes linguistiques [Hitt, Isakovic et al. (2014)].

S'il existe une certaine variation dans les gains normalisés en moyenne des étudiants selon le programme d'études – les étudiants en mathématiques affichant les gains normalisés en moyenne les plus élevés et les étudiants en science contemporaine, les plus bas – de telles différences ne sont pas statistiquement

significatives ( $F=0,748$ ;  $df=6\ 384$ ;  $p=0,611$ ). Voilà qui porte à croire que la répartition inégale d'étudiants issus de différents programmes dans les groupes expérimental et témoin n'a rien de très préoccupant.

Comme prévu, les étudiants qui font état d'un taux élevé de présence aux cours magistraux et aux séances de tutorat présentent, en moyenne, des gains normalisés sensiblement supérieurs à ceux qui déclarent avoir assisté à moins de séances (cours magistraux :  $F=4,692$ ,  $df=1\ 356$ ;  $p=0,031$ ; séances de tutorat :  $F=5,805$ ;  $df=1\ 356$ ;  $p=0,016$ ). Les étudiants qui ont déclaré avoir assisté systématiquement ou fréquemment aux cours magistraux ont affiché des gains d'apprentissage normalisés en moyenne qui surpassent de 9,4 points de pourcentage ceux des étudiants dont le taux de présence était faible; de même, les étudiants qui ont déclaré avoir assisté systématiquement ou fréquemment aux séances de tutorat présentent des gains d'apprentissage normalisés en moyenne qui surpassent de 11,2 points de pourcentage ceux dont le taux de présence était faible. Un taux de présence élevé permet d'exposer les étudiants aux concepts du cours à maintes reprises et selon plusieurs formats, de leur donner l'occasion de poser des questions, et de croire qu'ils participent à leur apprentissage dans l'ensemble.

**Tableau 4 : Gains de connaissances en moyenne d'après les caractéristiques démographiques et scolaires des étudiants (n=417)**

Caractéristiques		Gain selon Hake en moyenne (%)
Sexe *	Femmes	27,1
	Hommes	34,5
Groupe d'âge	18 ans et moins	29,7
	19-22 ans	27,9
	23 ans ou plus	40,2
Appartenance à une minorité visible	Minorité visible	30,6
	Minorité non visible	32,0
Statut d'immigrant	A immigré il y a moins de 10 ans	25,0
	A immigré il y a plus de 10 ans	29,8
	Né au Canada	32,7
Langue maternelle*	Autre langue	27,3
	Anglais	33,0
Langue principalement parlée à la maison	Autre langue	25,6
	Anglais	32,7
A mené à bien le cours de physique de 12 <sup>e</sup> année	Non	29,6
	Oui	30,6
Note obtenue au cours de physique de 12 <sup>e</sup> année	A	32,9
	B	27,7

Caractéristiques		Gain selon Hake en moyenne (%)
	C	31,0
	D	24,6
	Ne sais pas	28,8
Programme d'études	Biologie	29,4
	Science biomédicale	32,0
	Chimie	31,4
	Science contemporaine	24,9
	Mathématiques et ses applications	36,4
	Physique médicale	28,8
	Science non déclarée	26,7
Façon privilégiée d'étudier	Étudier seul	30,5
	Étudier avec une autre personne	31,1
	Étudier avec deux personnes ou plus	29,2
Présence aux cours magistraux*	Systématique ou fréquente (9-13 semaines)	31,4
	Faible (0-8 semaines)	22,0
Présence aux séances de tutorat	Systématique ou fréquente (9-13 semaines)	31,4
	Faible (0-8 semaines)	20,2

\* Révèle une différence statistiquement significative entre les groupes au niveau  $p < 0,05$  au moyen d'analyses de la variance à un facteur.

Une analyse de régression linéaire à plusieurs variables permet l'élaboration d'un modèle qui isole les effets indépendants des caractéristiques personnelles des étudiants ainsi que l'effet des nouvelles activités de rédaction des QCM dans la prédiction des gains d'apprentissage conceptuel normalisés des étudiants. Les caractéristiques personnelles des étudiants qui comportaient un lien statistiquement significatif avec les gains d'apprentissage normalisés (à partir de l'analyse bivariable que révèle le tableau 4) font partie du modèle. L'âge des étudiants est inclus dans le modèle de régression en tant que variable continue afin d'accroître la valeur explicative de ce paramètre de prévision. Les fortes corrélations entre les deux indicateurs de la maîtrise de la langue anglaise (la langue maternelle et la langue principale parlée à la maison) ont compliqué l'évaluation de l'effet indépendant de chacune, de sorte que ces deux caractéristiques ont été combinées en un paramètre unique de prévision révélant si l'étudiant parle une langue autre que l'anglais en tant que langue maternelle et à la maison. De même, la forte corrélation entre les deux indicateurs de présence (la présence aux cours magistraux et la présence aux séances de tutorat) a nécessité la combinaison de ces deux caractéristiques en un paramètre unique de prévision montrant si l'étudiant faisait état d'une faible présence aux cours magistraux ou d'une faible présence aux séances de tutorat (ou aux deux).

Il en résulte un modèle de régression fondé sur les moindres carrés ordinaires (MCO) qui révèle dans quelle mesure les caractéristiques personnelles des étudiants et leur participation aux activités de rédaction des QCM peuvent expliquer la variation dans les gains d'apprentissage normalisés. Le tableau 5 montre le modèle optimal ayant trait à l'échantillon dans l'ensemble et à la cohorte d'étude de chaque année de façon

distincte. La valeur du  $R^2$  corrigé donne une mesure globale de l'ajustement du modèle en évaluant la mesure selon laquelle les paramètres de prévision compris dans le modèle expliquent la variation dans les gains d'apprentissage normalisés. Au sein du modèle dans son ensemble, la variation des gains d'apprentissage normalisés s'explique à environ 6,3 % par les caractéristiques personnelles des étudiants; le potentiel explicatif du modèle augmente pour se situer à 7,1 % lorsque l'intervention expérimentale est incluse en tant que paramètre de prévision. Fait intéressant, le modèle est davantage efficace pour prévoir les gains d'apprentissage normalisés de la cohorte des étudiants de 2013 que ceux de la cohorte des étudiants de 2012. En ce qui touche cette dernière, la variation dans les gains d'apprentissage normalisés ne s'explique qu'à 2,5 % par les caractéristiques personnelles des étudiants, quoique ce taux augmente pour s'établir à 4,8 % lorsque l'intervention expérimentale est incluse en tant que paramètre de prévision. En ce qui concerne la cohorte de 2013, le potentiel explicatif des caractéristiques personnelles des étudiants est nettement plus prononcé : celles-ci interviennent pour 16,3 % de la variation dans les gains d'apprentissage normalisés. Toujours chez cette même cohorte, l'intervention expérimentale ne nous permet toutefois pas d'expliquer les autres variations : de fait, le potentiel de prévision du modèle régresse, car le calcul de la valeur du  $R^2$  corrigé entraîne une pénalisation liée à l'intégration de paramètres de prévision non explicatifs au modèle. Globalement, les caractéristiques personnelles des étudiants, de même que l'intervention expérimentale, nous permettent de prévoir seulement un pourcentage relativement restreint de la variation dans les gains d'apprentissage normalisés. Selon toute vraisemblance, d'autres facteurs non mesurés (ou impossibles à mesurer) influent également de manière appréciable sur les résultats d'apprentissage des étudiants dans les cours d'initiation à la physique. Ce peut être les facteurs suivants, sans s'y limiter : la satisfaction envers le programme d'études; l'importance attachée au milieu universitaire dans son ensemble; l'importance attachée au cours en particulier; la façon d'envisager l'enseignement ou le milieu en classe; les obligations familiales ou personnelles qui entrent en conflit; l'effet des rapports avec les pairs et des pressions que ces derniers exercent; et la qualité de l'enseignement préalablement reçu en mathématiques et en physique.

La valeur « constante » pour chaque modèle qui figure dans le tableau 5 correspond à la valeur prédite des gains d'apprentissage normalisés d'un étudiant fictif de 18 ans et de sexe masculin au sein du groupe témoin, dont la langue maternelle ou parlée à la maison est l'anglais et qui était systématiquement ou fréquemment présent aux cours magistraux et aux séances de tutorat. Dans le modèle global, il est prévu que cet étudiant fictif affichera des gains d'apprentissage normalisés de 35 %. Il est également prévu que les étudiants des sections de cours comportant des activités de rédaction de QCM en petits groupes afficheront des gains d'apprentissage normalisés de 5 points de pourcentage supérieurs, même après neutralisation des caractéristiques personnelles des étudiants. Cependant, une analyse par cohorte montre que l'effet des activités de rédaction de QCM en petits groupes est plus prononcé chez la cohorte de 2012 et nettement moindre chez celle de 2013. Nous ne saurions formuler ni proposer d'explication évidente quant à cet état de choses. Pour ce qui est des activités en classe, les étudiants de la cohorte de 2013 ont présenté des différences en ce sens qu'ils devaient remplir des interrogations en ligne préalable aux cours magistraux afin d'évaluer leur compréhension des lectures dans le manuel. Cette même cohorte englobait également des étudiants inscrits au nouveau programme de science biomédicale (lequel a attiré les étudiants dont les notes à l'admission étaient relativement élevées). Toutefois, de telles différences s'appliquent à la fois au groupe expérimental et au groupe témoin. La différence moindre prévue dans les gains d'apprentissage normalisés par suite des activités de rédaction de QCM chez la cohorte de 2013 résulte peut-être des différences dans les activités d'EP employées par les enseignants du groupe témoin en 2013

comparativement à 2012 (le groupe expérimental était confié au même enseignant, tandis que les enseignants du groupe témoin étaient différents chaque année).

**Tableau 5 : Gains normalisés prévus des étudiants, dans l'ensemble et par année, d'après la régression fondée sur les MCO**

	Modèle dans l'ensemble (n=344)	Année	
		2012 (n=172)	2013 (n=172)
Constants	35,1*	27,5*	44,2*
Sexe (femmes)	-8,0*	-1,3	-16,6*
Âge <sup>1</sup>	1,0	1,3	0,1
Anglais moindre <sup>2</sup>	-9,1*	-9,4	-8,4*
Faible présence <sup>3</sup>	-10,5*	-9,4	-10,7*
<b>Intervention de la rédaction des QCM</b>	<b>5,4*</b>	<b>9,8*</b>	<b>1,4</b>
Valeur du R au carré (R <sup>2</sup> ) corrigé	7,1 %	4,8 %	15,9 %

<sup>1</sup> L'âge en années (non regroupé) centré autour de 18 ans

<sup>2</sup> Les étudiants qui n'ont ni appris l'anglais en tant que langue maternelle, ni l'anglais comme langue principale à la maison.

<sup>3</sup> Les étudiants qui ont fait état d'une faible présence aux cours magistraux ou aux séances de tutorat (ou aux deux).

\* Révèle une différence statistiquement significative au niveau  $p < 0,05$ .

Outre le fait de montrer l'effet inconstant des activités de rédaction du QCM sur les gains d'apprentissage normalisés des étudiants, ce modèle révèle également que les caractéristiques personnelles des étudiants peuvent de façon indépendante comporter une incidence tout aussi considérable sur l'apprentissage conceptuel des étudiants. Les caractéristiques telles que le sexe et l'âge sont fixes, mais la présence des étudiants peut être possiblement sensible à l'influence des stratégies de motivation d'un enseignant. Bien qu'il soit possible que les enseignants en physique influent sur la maîtrise de la langue anglaise chez les étudiants, le temps et les ressources disponibles pour appuyer les étudiants dont l'anglais constitue une langue supplémentaire au sein des groupes où les étudiants sont nombreux sont habituellement limités.

Il est prévu que les femmes auront des gains d'apprentissage normalisés inférieurs de 8 points de pourcentage à ceux des hommes. Les femmes ont obtenu au test FCI préalable des notes sensiblement inférieures à celles des hommes (une moyenne de 8,1 comparativement à 12,7), de sorte qu'elles ont donc dû assimiler davantage de matière préalablement inconnue au cours de la session. Par conséquent, les gains d'apprentissage absolus étaient à peu près équivalents chez les hommes et les femmes (les gains absolus étaient en moyenne de 6,0 chez les femmes, contre 5,7 chez les hommes), mais les gains d'apprentissage normalisés des femmes étaient inférieurs, car celles-ci avaient davantage de contenu à apprendre. L'effet hommes-femmes était particulièrement prononcé au sein de la cohorte des étudiants de 2013; il n'y a pas d'explication claire pour justifier cet écart. Une fois les autres facteurs neutralisés, il n'est cependant plus à prévoir que l'âge des étudiants comportera un effet appréciable sur les gains d'apprentissage normalisés.

Il est prévu en outre que les étudiants qui connaissent moins bien la langue anglaise auront des gains d'apprentissage normalisés inférieurs de 9 points de pourcentage à ceux dont l'anglais est la langue maternelle ou la langue principalement parlée à la maison. Ce résultat est constant d'une cohorte à l'autre. Bien que les étudiants ayant une maîtrise moindre de la langue anglaise obtiennent des notes moyennes semblables au test FCI au début du cours, leurs gains d'apprentissage absolus et normalisés sont inférieurs à la fin du cours. Voilà qui pourrait révéler que ces étudiants éprouvent davantage de difficultés à comprendre les directives en classe; il se pourrait que les activités en petits groupes et dirigés par des pairs comportent en particulier moins d'avantages en matière d'apprentissage chez les étudiants ayant une connaissance sommaire de la langue anglaise.

Bien entendu, il est prévu que les étudiants qui sont systématiquement ou fréquemment présents aux cours magistraux ou aux séances de tutorat réaliseront des gains d'apprentissage normalisés supérieurs de 10,5 points de pourcentage à ceux des étudiants dont le taux de présence est faible. Ce résultat était constant d'une cohorte à l'autre. Bien que cette constatation soit prévisible, elle confirme l'utilité de motiver les étudiants à assister aux cours magistraux et aux séances de tutorat par divers moyens, dont des activités et des notes axées sur la participation. La présence aux cours magistraux et aux séances de tutorat permet d'accroître l'exposition des étudiants à la matière du cours, de les faire participer à des activités d'enseignement des pairs, et de leur faire prendre part à la résolution de problèmes au sein d'un milieu où ils sont soutenus.

Globalement, il semble que les activités de réaction de QCM instaurées dans la présente étude sont en corrélation positive avec des gains d'apprentissage normalisés, mais les effets sont inconstants. Chez la cohorte de 2012, les caractéristiques des étudiants semblent comporter peu d'effet sur les gains d'apprentissage normalisés, tandis que les activités de réaction de QCM étaient liées à une amélioration sensiblement positive de l'apprentissage conceptuel. Par contraste, chez la cohorte de 2013, les caractéristiques personnelles des étudiants sont en forte corrélation avec des gains d'apprentissage normalisés, mais les activités de rédaction de QCM ont semblé avoir un effet restreint sur l'apprentissage conceptuel. Dans le modèle en général, le sexe, la maîtrise de la langue anglaise et la présence sont chacun en lien avec des gains normalisés plus importants que les activités de rédaction de QCM. Ensemble, de tels résultats portent à croire que le recours aux activités de rédaction de QCM dans les cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux comporte un effet bénéfique dans une certaine mesure, mais que cet effet n'est pas forcément constant d'un groupe d'étudiants à l'autre.

#### **4.2 Deuxième question de recherche : L'effet des activités de rédaction de QCM sur les façons qu'ont les étudiants d'envisager la physique**

*Quel est l'effet de notre modèle de participation interactive par rapport au modèle d'EP quant au changement dans la façon d'envisager la physique chez les étudiants, passant de néophytes à spécialistes?*

Dans la présente étude, on a mesuré la façon qu'ont les étudiants d'envisager la physique à l'aide du sondage CLASS. Celui-ci permet de différencier les façons d'envisager la science propres aux néophytes et aux spécialistes dans l'ensemble, selon huit catégories générées de façon empirique. Nous avons prévu que la participation à des activités de rédaction de QCM en petits groupes pourrait inciter les étudiants à adopter des façons d'envisager la physique qui soient davantage propres aux spécialistes. Il se peut que le fait d'être investi du rôle de « spécialiste » et d'« enseignant » dans la rédaction de questions à choix

multiples – dont certaines avaient pour objet de servir dans les évaluations – ait incité certains étudiants à adopter des façons d'envisager la science davantage propre aux spécialistes, en règle générale.

Le tableau 6 révèle le pourcentage de réponses favorables en moyenne (c.-à-d. être d'accord avec les spécialistes) chez les participants à l'étude, dans l'ensemble, ainsi que dans chacune des huit catégories du sondage CLASS. La transition dans les façons favorables d'envisager entre le début et la fin du cours se révèle particulièrement intéressante. Un corpus de recherche considérable montre que la participation à des cours d'initiation à la physique est en fait *moins* propice aux façons d'envisager propres aux spécialistes chez les étudiants [Perkins, Adams et al. (2004); Perkins, Gratny et al. (2005); Pollock (2004)]. Dans la présente étude, les étudiants ne font pas état d'une transition négative globale significative en ce qui touche les façons d'envisager. Une transition négative se fait toutefois sentir dans deux domaines : l'intérêt personnel envers la physique (par paires,  $t=3,050$ ;  $df=369$ ;  $p=0,002$ ) et l'effort d'interprétation (avoir l'impression que l'effort à consentir pour interpréter la matière en vaut la peine; par paires,  $t=4,325$ ;  $df=365$ ;  $p<0,001$ ).

En revanche, une transition positive et statistiquement significative dans les façons d'envisager des étudiants se fait sentir au sein de trois domaines : le perfectionnement de la résolution de problèmes (par paires,  $t=2,417$ ;  $df=369$ ;  $p=0,016$ ), la compréhension conceptuelle (par paires,  $t=5,342$ ;  $df=369$ ;  $p<0,000$ ) de même que la compréhension conceptuelle appliquée (par paires,  $t=5,095$ ;  $df=369$ ;  $p<0,000$ ). Dans le sondage CLASS, la « compréhension conceptuelle » désigne les cas où l'étudiant comprend la physique en tant que discipline cohérente comportant des liens entre les thèmes, tandis que la « compréhension conceptuelle appliquée » témoigne des cas où l'étudiant estime qu'il peut mettre en application une méthode et un raisonnement conceptuels lorsque vient le temps de résoudre des problèmes, plutôt que de simplement mémoriser ou reproduire d'autres solutions. La variation positive dans la façon d'envisager au sein de ces deux domaines pour l'ensemble des étudiants compris dans la présente étude témoigne du succès de l'EP et de l'apprentissage actif en général quant à la promotion de la participation des étudiants et de leur apprentissage conceptuel en physique.

La participation aux activités de rédaction de QCM n'a pas semblé comporté d'effet sensible sur les façons d'envisager des étudiants dans l'ensemble ou dans n'importe laquelle des huit catégories, comparativement aux étudiants du groupe témoin. De fait, dans les deux domaines clés que sont la « compréhension conceptuelle » et la « compréhension conceptuelle appliquée », les étudiants qui avaient pris part à des activités de rédaction de QCM révélaient une transition positive légèrement inférieure à celle des étudiants du groupe témoin. De plus, ceux qui avaient participé à des activités de rédaction de QCM faisaient état d'une transition nettement plus négative (un éloignement par rapport aux façons d'envisager propres aux spécialistes) lorsqu'il s'agissait d'un effort d'interprétation ou du sentiment qu'il valait la peine de faire l'effort de comprendre ou de résoudre un problème. Le résultat dans lequel les étudiants ayant pris part aux activités de rédaction de QCM se sont améliorés concerne le domaine de l'intérêt personnel, où ces derniers ne faisaient tout simplement pas état d'une transition négative dans leur façon d'envisager, à l'inverse des étudiants du groupe témoin. Ce résultat est tempéré par le fait que le pourcentage moyen de façon d'envisager favorable dans le domaine de l'intérêt personnel à la fin du cours est très semblable chez l'un et l'autre des groupes; pareille situation est attribuable aux étudiants du groupe témoin qui manifestent un pourcentage supérieur de façon d'envisager favorable dans le domaine de l'intérêt personnel au début du cours.

**Tableau 6 : Résultats du sondage CLASS à la deuxième et à la douzième semaine par sous-catégorie, dans l'ensemble et par groupe<sup>1</sup>**

Sous-catégories de l'outil CLASS	Dans l'ensemble (n=370)			Groupe expérimental (n=173)			Groupe témoin (n=197)		
	Préal.	Postér.	Trans.*	Préal.	Postér.	Trans.*	Préal.	Postér.	Trans.*
Façons d'envisager dans l'ensemble	52,6	52,2	--	52,8	51,1	--	52,5	53,1	--
Intérêt personnel	54,3	50,2	-4,1	53,4	50,4	--	55,1	50,1	-5,0
Liens concrets	60,8	57,3	--	62,4	59,0	--	59,3	55,9	--
Résolution de problèmes en général	55,6	55,5	--	55,9	53,5	--	55,3	57,4	--
Confiance dans la résolution de problèmes	55,8	55,1	--	54,9	53,1	--	56,6	57,0	--
Perfectionnement de la résolution de problèmes	36,1	39,2	3,2	35,6	38,8	--	36,4	39,6	--
Effort d'interprétation	65,7	59,3	-6,3	65,2	56,7	-8,5	66,2	61,7	-4,5
Compréhension conceptuelle	46,0	53,8	7,8	45,5	52,2	6,7	46,5	55,2	8,6
Compréhension conceptuelle appliquée	34,5	40,9	6,4	34,9	40,9	6,0	34,2	40,9	6,7

<sup>1</sup> Le % moyen de réponses favorables (être d'accord avec les spécialistes) est révélé pour chaque catégorie.

\* Seules les transitions statistiquement significatives au niveau  $p < 0,05$ , au moyen de tests t par paires, sont révélées.

Ensemble, des résultats nous conduisent à la conclusion selon laquelle la participation aux activités de rédactions de QCM en petits groupes ne comporte pas d'effet considérable sur les façons qu'ont les étudiants d'envisager la science. De plus, leur participation à de telles activités ne les rapprochent pas davantage des « spécialistes » quant à leur conception de la physique.

#### 4.3 Troisième question de recherche : Les perceptions des étudiants quant aux stratégies d'apprentissage actif

Quelles sont les perceptions des étudiants en ce qui concerne leur apprentissage dans notre modèle de participation active?

Des entrevues semi-structurées ont servi à sonder les perceptions des étudiants ayant trait aux démarches pédagogiques et aux outils technologiques employés pour faire la promotion de l'apprentissage dans ce cours.

#### 4.3.1 Perception des étudiants quant aux activités de rédaction de QCM

Au sein du groupe expérimental, nombreuses sont les personnes interviewées qui ne pouvaient se rappeler les activités particulières axées sur la rédaction de questions à choix multiples, en classe ou à l'extérieur de celle-ci. Voilà qui est particulièrement déconcertant, car 60 % des étudiants ont pris part à l'activité en ligne au moins une fois; il se peut que ces étudiants n'aient pas pris part aux entrevues ou que les étudiants ayant participé aux entrevues n'aient pas considéré les activités de rédaction de QCM comme étant particulièrement significatives. Chez les personnes interviewées qui avaient souvenir de leur participation aux activités de rédaction de QCM, celles-ci n'étaient pas classées comme particulièrement utiles en matière d'apprentissage comparativement à la démarche pédagogique standard de l'EP. Cependant, lorsqu'on a demandé aux personnes interviewées si elles recommandaient de continuer de recourir aux activités d'apprentissage de QCM, elles ont répondu « Oui » en majorité.

Lorsqu'on a demandé aux personnes en entrevue si elles préféraient rédiger les QCM en classe ou en ligne, les opinions étaient partagées. Certains étudiants préféraient les activités dirigées en classe, lesquelles leur permettaient de collaborer avec leurs pairs en temps réel et d'obtenir des éclaircissements, si besoin est, tandis que d'autres privilégiaient la réalisation des activités en dehors des heures de cours. Des étudiants ont exprimé des préoccupations comme quoi les activités en petits groupes risquent d'accaparer trop d'heures de cours qui, selon eux, pourraient être utilisées plus judicieusement. En entrevue, une personne a déclaré qu'il n'y avait « pas assez de temps consacré à la création de questions à choix multiples » en classe et qu'il vaudrait mieux « prendre davantage de temps en dehors des heures de cours, qu'il fallait du temps pour réfléchir ». Certains étudiants étaient sceptiques quant à la capacité des étudiants d'en arriver à des QCM de bonne qualité : ils ont affirmé que « les étudiants ne peuvent rédiger des questions au-delà (du niveau) de leurs connaissances » ou que « les étudiants n'ont pas les mêmes connaissances que les professeurs ». D'autres ont également estimé que la création de questions incombe au professeur plutôt qu'aux étudiants, et ils ont exprimé des préoccupations quant au recours potentiel aux questions produites par les étudiants dans le contexte d'une évaluation de cours en bonne et due forme, comme l'évaluation de mi-session et l'examen final.

Les personnes interviewées qui ont donné de la rétroaction positive sur les activités de rédaction de QCM ont souligné que celles-ci leur donnaient l'occasion de réfléchir à la matière, de faire le suivi de leur propre compréhension ainsi que de tenter de « s'imprégner de l'état d'esprit du professeur ». Ils ont affirmé que grâce à l'activité, ils avaient réfléchi davantage aux concepts, acquis une connaissance solide de la matière et fait montre de créativité. Un étudiant a dit que « la création de questions à choix multiples revient à travailler à rebours, car il faut intégrer de nombreux concepts, tenir compte de choix de réponses, ainsi que tendre vers la bonne réponse et les moyens possibles de résoudre les problèmes ».

Les activités de rédaction de QCM se sont révélées moins efficaces que prévu, mais les personnes interviewées ont manifesté un appui et une appréciation considérables quant à la balance des possibilités d'apprentissage actif dans le cours. De telles activités étaient communes à toutes les sections (des groupes expérimental et témoin). Les thèmes dominants qui sont apparus à l'issue des entrevues figurent ci-dessous.

#### 4.3.2 Perceptions des étudiants quant à l'enseignement des pairs et aux systèmes de réaction personnelle

Dans l'ensemble, les personnes interviewées avaient une opinion très positive de l'utilisation de l'EP à l'aide des systèmes de réaction personnelle (cliqueurs) pendant l'enseignement magistral donné dans le cours. Les étudiants ont apprécié la capacité de vérifier instantanément leur compréhension des concepts tels qu'ils étaient traités en classe. Ils ont également souligné l'utilité du fait que l'enseignant puisse « mieux comprendre les éléments avec lesquels les étudiants éprouvent des difficultés », puis ils ont affirmé que l'utilisation des cliqueurs signifiait que le « professeur prenait le temps de fournir des exemples plutôt que de supposer que les étudiants avaient compris ». De plus, nombreuses sont les personnes interviewées qui ont déclaré aimer collaborer avec les pairs, à apprendre auprès des autres étudiants dans le cours et à leur enseigner. En entrevue, des personnes ont fait remarquer que « le fait d'aider les autres donne l'occasion d'acquérir une compréhension approfondie de la matière » et que les « ... étudiants peuvent discuter avec les collègues de classe, discuter des méthodes utilisées et en apprendre sur de nouvelles méthodes ». D'après les étudiants, le recours aux QCM avec les cliqueurs « prépare les étudiants aux examens et aux évaluations de mi-session, en ce qui touche les types de questions ». Certains étudiants étaient d'avis que l'EP avec cliqueurs favorisait une amélioration du taux de réussite dans le cours en général. D'autres ont mentionné que même le recours aux cliqueurs à des fins d'exercice, sans qu'il y ait attribution de notes, demeurerait un incitatif pour assister au cours. Lorsqu'on demandait aux personnes interviewées quel était le nombre approprié de QCM avec cliqueurs à utiliser dans chaque cours, la majorité des étudiants ont signalé que la fréquence des questions avec cliqueurs dans les cours magistraux (habituellement de 4 à 6) était bonne, que les activités d'EP n'accaparaient pas trop de temps par rapport à l'enseignement ou aux cours magistraux en lien avec le contenu, et que leur utilisation était suffisante pour jauger la compréhension des étudiants.

#### 4.3.3 Perceptions des étudiants quant aux questions à choix multiples aux fins de l'enseignement et des évaluations

Certains enseignants se plaignent de la façon négative qu'ont les étudiants d'envisager les questions à choix multiples. Dans le présent projet, les personnes interviewées n'ont pas communiqué de façon négative persistante d'envisager les QCM, même à des fins d'évaluations. Questionnées sur leur perception et les avantages et inconvénients des QCM, les personnes interviewées ont émis des commentaires comme quoi le recours aux questions à choix multiples pour l'EP durant la session leur a permis de se sentir préparées en vue des éléments à choix multiples dans les évaluations en bonne et due forme. La majorité des personnes interviewées étaient à l'aise relativement aux questions à choix multiples posées durant l'évaluation de mi-session et l'examen final et elles se sentaient informées des concepts et questions qui seraient traités. Elles ont bien compris le fait que les questions à choix multiples permettent aux enseignants de cerner les domaines dans la matière où les étudiants éprouvent des difficultés. En entrevue, certaines personnes ont précisé que les QCM peuvent se révéler utiles, en affirmant que « si on ne connaît pas la réponse, on peut reprendre (le problème) et l'effectuer de nouveau » et qu'il est « rassurant de voir sa réponse (parmi les choix) ». D'autres étudiants ont affirmé que le recours au format à choix multiples dans les cours magistraux « permet de tenir des discussions quant aux raisons pour lesquelles les autres choix sont erronés; on est poussé à réfléchir davantage » et qu'il procure « une rétroaction immédiate (quant à) la bonne ou la mauvaise réponse ».

#### **4.3.4 Perceptions des étudiants quant aux outils en laboratoire et de démonstration**

Le cours en question ici s'appuyait en forte partie sur des outils en laboratoire ayant pour objet d'apporter la dimension expérimentale de la physique dans le cours. Durant les expériences en laboratoire et, dans une moindre mesure, en vue des démonstrations en classe, on s'est servi des outils d'acquisition de données en temps réel (détecteurs de mouvements et sondes) et de l'analyse vidéo des mouvements appuyés par le logiciel LoggerPro de l'entreprise Vernier Software & Technology (<http://www.vernier.com/>). Les personnes interviewées ont appuyé massivement le recours à ces ressources en laboratoire et de démonstration. Les étudiants ont émis des commentaires comme quoi le recours au logiciel LoggerPro leur a permis de visualiser les concepts et de « voir les principes en action ». Ils ont aimé leur exposition à une technologie qui n'était pas disponible à l'école secondaire et constaté qu'il est « utile de mettre la théorie en pratique ». Les commentaires des personnes interviewées à propos de cette technologie mettent en relief le fait qu'elle les a aidés à mettre les concepts en application : « les labs [m'ont] permis de voir la dimension expérimentale de la physique, concrètement », « les mises en application sont géniales », « la façon dont les variables sont mesurées et neutralisées en diverses conditions, comment les physiciens procèdent aux expériences », « mon emballement envers la physique s'en est trouvé rehaussé », « on peut voir la théorie et faire l'expérience des théories à apprendre ». Un étudiant, qui faisait allusion à la tâche particulièrement difficile de la mise en graphique du mouvement, a affirmé qu'il est « parfois difficile de mettre en lien la matière, mais que la technologie facilitait la visualisation en ce sens, le tout se déroule et la mise en graphique a lieu simultanément ». Outre les expériences en laboratoire, les étudiants ont aimé le recours aux simulations et aux courtes vidéos. Ils ont particulièrement attaché de l'importance aux tentatives de mettre en rapport l'apprentissage en classe avec les phénomènes en temps réel : « la communication de la théorie en action, le recours à la simulation en classe; la physique ne se limite pas à des concepts théoriques : [nous] devons comprendre ce qui se passe dans le monde et le fait de voir des simulations permet de concrétiser tout ça ».

#### **4.3.5 Perceptions des étudiants quant à l'auto-formation, aux devoirs et aux activités de lecture**

Dans l'ensemble, les personnes interviewées avaient une opinion très positive quant à l'utilisation de l'auto-formation nécessaire et des devoirs en ligne fournis par la plateforme « MasteringPhysics ». Les étudiants étaient d'avis que ce système leur permettait de s'exercer à fond à résoudre des problèmes en fonction de différents types de questions qui n'étaient pas traitées dans les activités en classe. Ils ont aimé le fait de pouvoir mener à bien les travaux requis dans le cadre du cours en ligne et au moment qui leur convenait le mieux. Nombreux sont les étudiants qui ont émis des commentaires comme quoi ces activités étaient exigeantes et nécessitaient beaucoup de temps, mais ils étaient d'avis qu'elles étaient essentielles à l'acquisition des aptitudes en résolution de problèmes en vue des problèmes numériques et des questions à développement.

On a sondé les personnes interviewées sur l'exigence de lire le manuel avant de se présenter en classe. La majorité des participants ont souligné que la lecture du manuel leur a permis de mieux se préparer en vue des cours magistraux, que la prise de notes en classe était davantage efficace, et qu'ils étaient à même de cerner les notions incomprises avant d'assister au cours. Toutefois, bien que les étudiants aient clairement discerné les avantages de la lecture avant la tenue des cours magistraux, les résultats du sondage montrent que la plupart d'entre eux ont relaté avoir fait les lectures avant les cours magistraux seulement la moitié du

temps. Les étudiants avaient l'occasion de présenter leurs questions aux enseignants avant la tenue du cours, mais seuls quelques étudiants ont saisi cette occasion à intervalles relativement réguliers. Une majorité d'étudiants n'ont jamais, sinon rarement, saisi cette occasion. Peut-être que la stratégie d'enseignement « en temps opportun » serait employée à meilleur escient s'il y avait davantage d'étudiants qui faisaient les lectures d'avance.

#### *4.3.6 Impressions globales du cours des étudiants et suggestions pour fins d'améliorations*

On a demandé aux personnes interviewées de faire part de leurs impressions générales sur le cours et des domaines à améliorer. Globalement, les étudiants ont pour la plupart témoigné d'un degré élevé de satisfaction relativement au cours. En entrevue, la majorité des personnes ont affirmé que le cours avait satisfait à leurs attentes en ce qui touche la note obtenue et les connaissances acquises, et qu'il s'agissait globalement d'une expérience positive. Plusieurs étudiants ont regretté ne pas avoir suivi de cours de physique à l'école secondaire, tandis que certains ont affirmé à leur grande surprise aimer le cours parce qu'ils étaient préalablement d'avis que la physique était une matière « inintéressante », « trop difficile » ou « sans rapport avec la vie au quotidien ». Les étudiants ont formulé des commentaires sur la nécessité de comprendre les concepts, et ils ont apprécié le fait de pouvoir mettre immédiatement en application les principes appris dans les cours magistraux pour résoudre les problèmes, procéder aux expériences en laboratoire, ou réfléchir à des situations de la vie quotidienne. Les étudiants n'ont pas considéré l'enseignement des pairs comme une activité ou une pratique toute particulière à leur cours de physique.

Enfin, les étudiants ont affirmé que leur plus grande difficulté en lien avec le cours était de suivre et de gérer les devoirs, les lectures, le temps et les tâches scolaires. En entrevue, plusieurs personnes ont mentionné qu'elle avaient peine à classer les activités du cours par ordre de priorité, étant donné le grand nombre de composantes et d'évaluations dans le cours. Néanmoins, les suggestions formulées par les étudiants en vue d'améliorer le cours englobaient, entre autres, des demandes en vue des ressources en ligne en nombre accru telles que des questions supplémentaires, des séances de tutorat, des directives étape par étape sur les façons de résoudre des problèmes particulièrement difficiles (possiblement sous forme de saisies d'écran ou de courtes vidéos), et une hausse du nombre de démonstrations en classe.

## 5. Conclusions

### 5.1 Limites de l'étude

La présente étude comporte plusieurs limites. D'abord, l'enquête se limite à un cours d'initiation à la physique donné au sein d'un seul établissement. Ensuite, parce que l'utilisation de la nouvelle activité n'était pas évaluée, le temps passé en classe à la rédaction de QCM en collaboration était restreint de façon à ne pas risquer d'influer négativement sur les résultats d'apprentissage des étudiants. De plus, le fait de confier le groupe témoin à différents enseignants au cours des différentes années durant lesquelles l'étude s'est déroulée constitue une autre limite qui a pu influencer sur les résultats. En outre, l'ajout d'interrogations préalables aux cours magistraux et fondées sur les lectures pendant la deuxième année d'études limite la comparabilité des cohortes. Enfin, le nombre relativement restreint des personnes interviewées limite la capacité de généraliser les constatations qualitatives.

## 5.2 Efficacité globale des activités de rédaction de QCM

Globalement, il ressort de notre étude que l'intégration d'activités de rédaction de QCM aux méthodes d'EP dans un cours où les étudiants sont nombreux comporte certains effets positifs, mais inconstants, sur les gains d'apprentissage conceptuel des étudiants. Le recours à ces activités comporte un effet minime sur la promotion d'une façon d'envisager la physique qui soit davantage propre aux « spécialistes ». On peut expliquer ces résultats de plusieurs façons. D'abord, on a ajouté cette nouvelle activité à une gamme d'outils d'apprentissage actif déjà employés dans le cours. S'il est souhaitable de fournir aux étudiants plusieurs moyens de participer en classe, la prestation d'un trop grand nombre d'outils, de tâches et d'activités risquent en fait de comporter l'effet contraire en débouchant sur une surdose cognitive [De Jong (2009)]. De fait, nombreuses sont les personnes interviewées qui ont souligné la difficulté de classer les différentes activités de cours par ordre de priorité. Dans ce cas particulier, les enseignants doivent garder à l'esprit le fait que l'initiation à la physique n'est que l'un des six cours obligatoires (trois cours de sciences, un cours de mathématiques, un cours d'informatique, ainsi qu'un cours d'orientation à l'université) que les étudiants suivent durant la première session de leurs études universitaires. Ensuite, après avoir examiné les questions à choix multiples que les étudiants ont élaborées en collaboration, il est devenu manifeste, en règle générale, que le groupe n'avait produit ni de QCM de grande qualité, ni le volume attendu de ces questions. Si les étudiants ont participé à environ 60 % aux activités en ligne de rédaction de QCM, nombreuses étaient les contributions de piètre qualité. Dans l'ensemble, le groupe n'a su produire une banque de questions conceptuelles utilisables relativement à la mécanique newtonienne. Il en a résulté l'abandon du plan de recourir aux QCM générées par les étudiants dans les évaluations officielles du cours. Il se peut que les directives données par l'enseignant sur la façon de mettre au point des questions à choix multiples aient été insuffisantes pour la majorité des étudiants dans le groupe. À l'inverse, il est possible que les activités d'exercice de rédaction de questions en classe n'aient pas été aussi poussées qu'elles auraient dû l'être. Enfin, parce qu'il s'agissait d'une activité volontaire et donnant droit seulement à des points bonis, peut-être que les étudiants n'ont pas pris celle-ci suffisamment au sérieux, notamment parce que le cours comportait un grand nombre d'activités obligatoires. Compte tenu de la qualité des QCM produites, il n'est pas étonnant que la participation aux activités de rédaction de QCM aient débouché sur des avantages très restreints – si avantages il y a – au chapitre des gains d'apprentissage conceptuels, et aucun avantage en ce qui touche le rehaussement de la façon qu'ont les étudiants d'envisager la physique.

## 5.3 Leçons tirées et recommandations

Dans l'ensemble, l'équipe de recherche recommande aux enseignants de prendre en compte le coût, le temps et les ressources nécessaires à la mise en œuvre d'activités de rédaction de QCM en petits groupes. Cette nouvelle activité exige beaucoup de préparation avant son utilisation, et les effets sur l'apprentissage des étudiants sont inconstants. De plus, l'enseignant peut devoir consacrer beaucoup de temps à l'orientation, au suivi et à l'évaluation des activités des étudiants dans le babillard du cours en ligne, de même qu'à la prestation d'une rétroaction aux étudiants et à la tenue d'un dossier d'exécution. Bien que la participation aux activités de rédaction de QCM ait été en corrélation avec des gains sensiblement supérieurs en apprentissage conceptuel dans une cohorte, l'effet s'est révélé inconstant au fil du temps et inférieur à celui des autres caractéristiques des étudiants. De plus, cette intervention particulière n'a pas semblé amener efficacement les étudiants à adopter une façon d'envisager la science et la résolution de problèmes qui soit davantage propre aux « spécialistes ». Il ressort des entrevues menées avec les étudiants que ces derniers n'ont pas considéré les activités de rédaction de QCM comme une expérience unique dans

leur apprentissage et qu'un bon nombre avait oublié les activités tenues. Dans le contexte de ce cours, lequel intégrait déjà des éléments appréciables d'EP et d'apprentissage actif, peut-être que les étudiants ont eu une surdose de ressources et qu'ils n'ont pas été en mesure de saisir toutes les occasions d'apprentissage, de les classer par ordre de priorité, voire de les différencier. Il se peut que l'effet d'une telle intervention ait été différent dans un cours comportant un nombre moindre de soutiens à l'apprentissage destinés aux étudiants.

Globalement, l'effort considérable consenti à cette activité supplémentaire ne saurait être justifié, compte tenu du manque de résultats manifestement positifs sur l'apprentissage des étudiants. Dans les cours où les étudiants sont nombreux, nous invitons les enseignants à envisager d'autres interventions pour hausser l'apprentissage des étudiants, sans perdre de vue pour autant le risque d'une surdose de ressources chez les étudiants. Nous les invitons également à tenir compte des méthodes d'étude que privilégient les étudiants. Dans notre étude, la majorité des étudiants ont déclaré qu'ils préféreraient étudier seuls; or, la mise en œuvre d'activités supplémentaires propices aux interactions en petits groupes et en collaboration a peut-être influé négativement sur la participation et les gains d'apprentissage de ces étudiants. Il se pourrait que de tels effets soient particulièrement prononcés chez les étudiants ayant une connaissance moindre de la langue anglaise. Bien que les activités en classe et en petits groupes donnent aux enseignants l'occasion de montrer des pratiques efficaces de travail en groupes, ils doivent garder à l'esprit que les étudiants en question préfèrent travailler en toute autonomie.

Avec le recul, il se peut également que la décision d'exiger des étudiants qu'ils mènent à bien certaines des activités de QCM en ligne ait restreint leur réussite. Le babillard de cours en ligne n'est pas particulièrement conçu pour faire le suivi des contributions des étudiants aux collaborations avec les pairs et les évaluer. Peut-être qu'un système de collaboration avec les pairs davantage spécialisé aurait pu convenir davantage, mais nous avons choisi de demander aux étudiants de continuer le travail dans la même plateforme en ligne qui héberge la balance du contenu du cours. Dans leurs tentatives de recourir aux mêmes activités de rédaction de QCM, les auteurs Bottomley and Denny (2011) ont mieux réussi, à l'aide d'un système technologique précisément conçu pour faciliter la collaboration avec les pairs (PeerWise, <https://peerwise.cs.auckland.ac.nz/>). Aux enseignants qui souhaitent intégrer à leurs cours des activités de rédaction en collaboration, nous leur recommandons assurément de choisir avec le plus grand soin la technologie de soutien à ce chapitre.

Puisque le projet a été lancé en 2011, la technologie éducative dont disposent les enseignants a fait l'objet de changements considérables. En premier lieu, les systèmes de réaction personnelle deviennent davantage polyvalents quant aux types de questions qu'il est possible de poser en sus des questions à choix multiples standard. À titre d'exemple, l'outil « Learning Catalytics » de Pearson (<https://learningcatalytics.com/>) donne une vaste gamme d'options relatives aux questions, au-delà du format à choix multiples.

Bien que la nouvelle activité de rédaction de QCM ne s'est pas révélée en soi efficace, les résultats de notre étude a fourni d'autres éléments de formation convaincants à l'appui de milieux d'apprentissage actif au sein de cours d'initiation à la physique où les étudiants sont nombreux. Tant au sein du groupe expérimental que du groupe témoin de la présente étude, les résultats liés au test FCI donnent à penser qu'on a atteint dans les cours magistraux donnés à de nombreux étudiants un niveau relativement élevé d'apprentissage conceptuel et de participation des étudiants. Les résultats du sondage CLASS révèlent qu'il n'y a pas eu chez les étudiants de transition négative dans leur façon d'envisager la physique, un phénomène type dans les

cours magistraux d'initiation à la physique, et que cette transition s'était même révélée positive dans certaines catégories. Les données qualitatives issues des entrevues menées auprès des étudiants donnent un appui considérable à l'utilisation de l'EP, assorti de systèmes de réaction personnelle, d'un apprentissage expérientiel en laboratoire, ainsi que d'une auto-formation et de devoirs en ligne.

## Bibliographie

- Adams, W., Perkins, K., Podolefsky, N., Dubson, M., Kinfelstein, N. et C. Wieman (2006), « New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey », dans *Physics Review Special Topics: Physics Education Research*, vol. 2 n° 1.
- Adams, W., Perkins, K., Dubson, M., Finkelstein, N. et C. Wieman (2004), « The Design and Validation of the Colorado Learning Attitudes about Science Survey », dans *Proceedings from APPT Physics Education Research Conference 2004*, Sacramento (Californie).
- Antimirova, T., Noack, A. et M. Milner-Bolotin (2009), « The Effect of Classroom Diversity on Conceptual Learning in Physics », dans *Proceedings from Physics Education Research Conference 2009*, Ann Arbor (Michigan).
- Bottomley, S. et P. Denny (2011), « A participatory learning approach to biochemistry using student authored and evaluated multiple-choice questions », dans *Biochemistry and Molecular Biology Education*, vol. 39 n° 5, p. 351-361.
- Brown, S., Race, P. et B. Smith (2004), *500 Tips on Assessments*, Routledge.
- Cunningham, G. (2005), *Assessment In The Classroom: Constructing And Interpreting Texts*, Routledge.
- Crouch, C. et E. Mazur (2001), « Peer instruction: Ten years of experience and results », dans *American Journal of Physics*, vol. 69 n° 9, p. 970-977.
- Cuseo, J. (2007), « The empirical case against large class size: Adverse effects on the teaching, learning, and retention of first year students », dans *Journal of Faculty Development*, vol. 21 n° 1, p. 5-21.
- De Jong, T. (2009), « Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought », dans *Instructional Science*, vol. 38 n° 2, p. 105-134.
- Deslauriers, L., Schelew, E. et C. Wieman (2011), « Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Classification », dans *Science*, vol. 332 n° 6031, p. 862-864.
- Fagen, A., Crouch, C. et E. Mazur (2002), « Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms », dans *The Physics Teacher*, vol. 40 n° 1, p. 206-209.
- Fensham, P., Gunstone, R. et T. White (1994), *The Content of Science: A Constructivist Approach to Its Teaching and Learning*, Routledge.
- Gray, K., Adams, W., Wieman, C. et K. Perkins (2008), « Students know what physicists believe, but they don't agree: A study using the CLASS survey », dans *Physics Review Special Topics: Physics Education Research*, vol. 4 n° 2.

- Guimond, S. et L. Roussel (2001), « Bragging About one's School Grades: Gender Stereotyping and Student's Perception of Their Abilities in Science, Mathematics and Language », dans *Social Psychology in Education*, vol. 49 n° 3-4, p. 275-293.
- Hake, R. (1998), « Interactive-engagement versus traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses », dans *American Journal of Physics*, vol. 66 n° 1, p. 64-74.
- Hestenes, D., Wells, M. et G. Swackhamer (1992), « Force Concept Inventory », dans *The Physics Teacher*, vol. 30 n° 3, p. 141-153.
- Hitt, G., Isakovic, A., Fawwaz, O., Bawa'aneh, M., El-Kork, N., Makkiyil, S. et I. Qatten (2014), « Secondary implementation of interactive engagement teaching techniques: Choices and challenges in a Gulf Arab context », dans *Physics Review Special Topics: Physics Education Research*, vol. 10 n° 2.
- Huffman, D. et P. Heller (1995), « What does the force concept inventory actually measure? », dans *The Physics Teacher*, vol. 33 n° 3, p. 138-143.
- Iaria, G. et H. Hubball (2008), « Assessing student engagement in small and large classes », dans *Transformative Dialogues: Teaching and Learning Journal*, vol. 2 n° 1, p. 1-8.
- Kalman, C. Milner-Bolotin, M. et T. Antimirova (2010), « Comparison of the effectiveness of collaborative groups and peer instruction in a large introductory physics course for science majors », dans *Canadian Journal of Physics*, vol. 88 n° 5, p. 325-352.
- Kelly, A., « The Construction of Masculine Science », dans *British Journal of Sociology of Education*, vol. 6 n° 2, p. 133-154.
- Mazur, E. (1997), *PeerInstruction: A User's Manual*, Upper Saddle River (New Jersey), Prentice Hall.
- McCarthy, J. et L. Anderson (2000), « Active Learning Techniques Versus Traditional Teaching Styles: Two Experiments from History and Political Science », dans *Innovations in Higher Education*, vol. 24 n° 4, p. 279-294.
- McDermott, L. (1990), « A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers », dans *American Journal of Physics*, vol. 58 n° 8, p. 734-742.
- McDermott, L. et E. Redish (1999), « Resource Letter: PER-1: Physics Education Research », dans *American Journal of Physics*, vol. 67 n° 9, p. 755-773.
- McDonald, M. (2001), *Systematic Assessment of Learning Outcomes: Developing Multiple-choice Exams*. Sudbury (Massachusetts), Jones and Bartlett Publishers.

- Milner-Bolotin, M., Antimirova, T., Noack, A. et A. Petrov (2011), « Attitudes about science and conceptual physics learning in university introductory physics courses », dans *Physics Review Special Topics: Physics Education Research*, vol. 7 n° 2.
- Murphy, H. et N. Roopchand (2003), « Intrinsic Motivation and Self-esteem in Traditional and Mature Students at a Post-1992 University in the North-east of England », dans *Educational Studies*, vol. 29 n° 2-3, p. 243-259.
- National Research Council and Commission on Behavioral & Social Sciences & Education (2009), *How people learn: Brain, mind, experience, and school*, Washington (DC), National Academy Press.
- Noack, A., Antimirova, T. et M. Milner-Bolotin (2009), « Student Diversity and the Persistence of Gender Effects on Conceptual Physics Learning », dans *Canadian Journal of Physics*, vol. 87 n° 12, p. 1269-1274.
- Perkins, K., Adams, W., Finkelstein, N., Pollock, S. et C. Wieman (2004), « Correlating student beliefs with student learning using the Colorado Learning Attitudes about Science Survey », dans *Proceedings from Physics Education Research Conference 2004*, Sacramento (Californie).
- Perkins, K., Gratny, M., Adams, W., Finkelstein, N. et C. Wieman (2005), « Towards characterizing the relationship between students' self-reported interest in and their surveyed beliefs about physics », dans *Proceedings from Physics Education Research Conference 2005*, Salt Lake City (Utah).
- Pollock, S. (2004), « No single cause: Learning gains, student attitudes, and the impacts of multiple effective reforms », dans *Proceedings from Physics Education Research Conference 2004*, Sacramento (Californie).
- Redish, J., Saul, M. et N. Steinberg (1998), « Student expectations in introductory physics », dans *American Journal of Physics*, vol. 66 n° 3, p. 212-224.
- Savinainen, A. et P. Scott (2002), « Using Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching », dans *Physics Education*, vol. 37 n° 1, p. 53-58.
- Simkins, S. et M. Maier (éd.) (2010), *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy*, Sterling (Virginie), Stylus Publishing.
- Singh, C. (2005), « Impact of peer interaction on conceptual test performance », dans *American Journal of Physics*, vol. 73 n° 5, p. 446-451.
- Smith, M., Wood, W., Adams, W., Wieman, C., Knight, J., Guild, N. et T. Su (2009), « Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions », dans *Science*, vol. 323 n° 5910, p. 122-124.
- Thornton, R., Kuhl, D., Cummings, K. et J. Marx (2009), « Comparing the force and motion conceptual evaluation and the force concept inventory », dans *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, vol. 5 n° 1.

Thornton, R. et D. Sokoloff (1998), « Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula », dans *American Journal of Physics*, vol. 66 n° 4, p. 338-352.

Winter, D., Lemons, P., Bookman, J. et W. Hoese (2001), « Novice Instructors and Student Centered Instruction: Identifying and Addressing Obstacles to Learning in the College Science Laboratory », dans *Journal of Scholarship of Teaching and Learning*, vol. 2 n° 1, p. 15-42.

