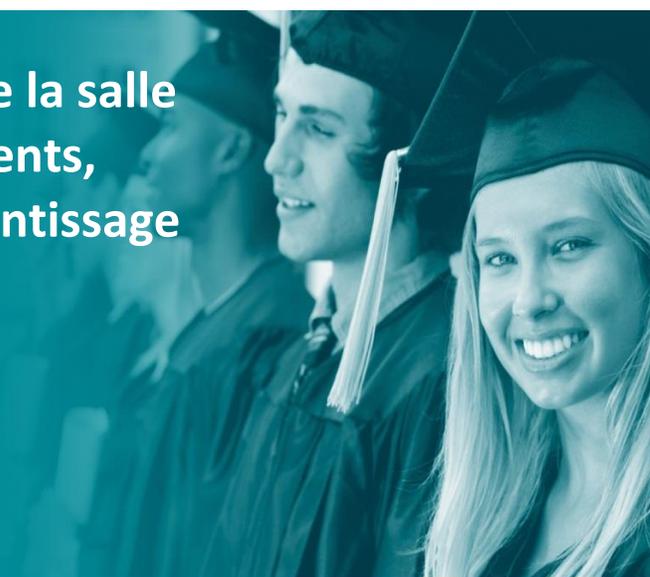




*Un organisme du gouvernement de l'Ontario*

## Les retombées de la méthode de la salle de classe inversée : comportements, perceptions et résultats d'apprentissage des étudiants

Micah Stickel, Qin Liu  
Université de Toronto



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 :

Stickel, M. et Q. Liu (2015), *Les retombées de la méthode de la salle de classe inversée : comportements, perceptions et résultats d'apprentissage des étudiants*, Toronto, Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur.



*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.

## Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement Siddarth Hari pour son appui tout au long du projet, son apport éclairé au modèle global de l'étude et de l'enquête de même que sa gestion logique de la recherche. Ils expriment également leur profonde reconnaissance à Monique Herbert, à Susan Elgie et à Ruth Childs dont les éclaircissements se sont révélés très utiles dès le début du projet, ainsi qu'à Olesya Falenchuck qui a généreusement fait part de sa compréhension claire et sa méthode concrète en matière d'analyse statistique. Les auteurs remercient aussi les étudiants qui ont donné leur temps afin d'appuyer ce projet.

## Table des matières

Résumé .....	7
Introduction.....	7
Modèle et méthodes de recherche.....	8
Résultats .....	9
Recommandations.....	13
Réflexions définitives .....	13
1 Introduction .....	15
La justification du recours à la méthode de la salle de classe inversée .....	15
Examen de la documentation .....	18
Questions de recherche .....	21
Contexte de l'établissement d'enseignement et du cours .....	21
Intervention dans le cours.....	23
2 Modèle de recherche .....	25
Justification .....	25
Collecte et mesures des données.....	26
Exemple de profils.....	26
3 Analyse des données et résultats .....	30
3.1 Question de recherche n° 1 : les comportements et les perceptions des étudiants .....	30
<i>Les leçons sous forme de vidéos regardées, la présence en classe et la participation en lien avec la méthode de la salle de classe inversée</i> .....	30
<i>Expériences en classe</i> .....	34
<i>Perceptions quant à la méthode de la salle de classe inversée</i> .....	39
<i>Sommaire et interprétation</i> .....	44
3.2 Question de recherche n° 2 : les retombées sur l'autoefficacité et les résultats d'apprentissage des étudiants .....	47
<i>Autoefficacité</i> .....	47
<i>Résultats d'apprentissage</i> .....	48
<i>Résultats tirés de l'analyse de régression</i> .....	52

<i>Sommaire et interprétation</i> .....	61
4 Conclusions .....	65
Observations générales.....	65
Recommandations.....	70
Réflexions définitives .....	72
Bibliographie .....	76

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Mise en comparaison des deux démarches d'enseignement .....	24
Tableau 2 : Sommaire des statistiques descriptives des grandes variables .....	27
Tableau 3 : Lien entre la présence en classe et les leçons regardées sous forme de vidéo .....	34
Tableau 4 : Comparaisons des rapports entre les étudiants et le corps professoral .....	35
Tableau 5 : Fréquence des rapports des étudiants avec le chargé de cours .....	36
Tableau 6 : Satisfaction des étudiants envers leurs rapports avec le chargé de cours .....	37
Tableau 7 : Questions de l'évaluation officielle des cours de la faculté quant à l'intérêt envers la matière et l'utilité de l'expérience d'apprentissage .....	39
Tableau 8 : Perceptions quant à la méthode de la salle de classe inversée .....	40
Tableau 9 : Perceptions quant aux leçons sous forme de vidéo.....	42
Tableau 10 : Comparaisons des variables d'autoefficacité.....	47
Tableau 11 : Statistiques descriptives des variables des résultats d'apprentissage à l'étude .....	49
Tableau 12 : Comparaisons des notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques.....	51
Tableau 13 : Statistiques descriptives des variables de l'analyse de régression relativement à deux variables des résultats.....	53
Tableau 14 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives des notes obtenues aux interrogations en classe sous la résolution de problèmes analytiques.....	55
Tableau 15 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives du rendement scolaire dans le cours .....	57
Tableau 16 : Caractéristiques des regroupements de participation à la méthode de la salle de classe inversée chez la cohorte relative à cette méthode .....	58
Tableau 17 : Statistiques descriptives de toutes les variables pour l'analyse de régression de deux variables des résultats : la cohorte de la salle de classe inversée seulement .....	59
Tableau 18 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives des capacités de résolution de problèmes analytiques : cohorte de la salle de classe inversée seulement ( $n = 75$ ) .....	60
Tableau 19 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives du rendement scolaire dans le cours : cohorte de la salle de classe inversée seulement ( $n = 172$ ) .....	61

## Liste des graphiques

Graphique 1 : Inversion de la taxonomie des objectifs éducationnels selon Bloom – Domaine cognitif .....	16
Graphique 2 : Mémorisation moyenne après 24 heures, selon la méthode pédagogique [d'après Sousa (2011)].....	17
Graphique 3 : Pourcentage des étudiants ayant regardé au moins 70 % des leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe s'y rapportant .....	31

## Résumé

### Introduction

Pendant que nous progressons dans un nouveau millénaire et que le paysage de l'enseignement supérieur continue de changer rapidement, le recours à la technologie pour améliorer l'expérience d'apprentissage des étudiants suscite un intérêt croissant. Plus la prise de connaissance de la science sous-jacente à l'apprentissage prend de l'ampleur, plus les membres du corps professoral et chargés de cours sont nombreux à chercher des moyens par lesquels accroître l'efficacité du temps passé avec les étudiants, et percevoir la technologie comme un élément potentiel de la solution.

La méthode de la salle de classe inversée est une méthode pédagogique où les étudiants sont initiés aux concepts fondamentaux du cours à l'aide d'activités avant les séances en classe et qui passent souvent par le visionnement d'une courte vidéo. De cette façon, le temps consacré en classe peut servir à des activités d'apprentissage qui se situent au-delà des séances magistrales sous leur forme classique. Cette méthode ressemble à bien des égards à la pratique pédagogique consistant en des lectures obligatoires avant les cours et en l'utilisation du temps consacré en classe à des débats et des discussions; elle est fréquemment employée dans de nombreux cours et séminaires en lettres et sciences humaines de même qu'en sciences sociales. La méthode de la salle de classe inversée est en quelque sorte l'adaptation de cette pratique pédagogique, employée depuis longtemps, pour les cours des domaines tels que le génie et les sciences, où des lectures avant les séances en classe ne sont habituellement ni exigées ni menées à bien. Il s'agit d'une méthode fort prometteuse en vue d'instaurer un milieu davantage centré sur l'étudiant et plus propice à un apprentissage efficace. Elle peut servir à appuyer plusieurs principes fondamentaux de la science de l'apprentissage bien établis depuis les 100 dernières années. Elle permet aux étudiants de s'investir dans des expériences d'apprentissage plus actives, de traiter la matière nouvellement présentée de façon significative, puis d'intégrer les nouveaux concepts à leur propre cadre actuel de connaissances. Elle favorise l'élargissement des rapports entre les étudiants et le corps professoral ainsi que des possibilités d'une rétroaction formative ponctuelle tout au long du processus d'apprentissage. En outre, elle permet au chargé de cours d'échafauder convenablement la matière enseignée puisque la mesure dans laquelle les étudiants comprennent avant les expériences en classe et durant celles-ci est mieux connue. Bien que le recours à la méthode de la salle de classe inversée soit fortement justifié en théorie et que celle-ci suscite un intérêt croissant, rares sont les études empiriques qui traitent systématiquement de ses retombées sur les comportements, les perceptions et les résultats d'apprentissage des étudiants; par conséquent, il faut davantage de données empiriques afin d'appuyer l'instauration efficace de cette méthode.

Le but fondamental de la présente étude consistait donc à traiter les deux questions de recherche suivantes :

- 1) Quels sont les **comportements** et **perceptions des étudiants** ayant trait à la méthode de la salle de classe inversée?

- 2) Comparativement à la méthode de la salle de classe sous sa forme classique, quelles sont les retombées de la méthode de la salle de classe inversée sur l'**autoefficacité** et les **résultats d'apprentissage des étudiants**?

La présente étude a eu lieu dans le cadre d'un cours de génie physique où les étudiants étaient nombreux (environ 300) et qui porte sur les champs électriques et magnétiques. Ce cours est offert en deuxième année du programme de génie électrique et informatique à l'Université de Toronto. Il s'est déroulé à la session d'hiver 2012 au moyen d'une méthode magistrale sous sa forme classique dirigée essentiellement par le chargé de cours mais où l'utilisation d'une tablette était intégrée à des fins pédagogiques pour remplacer le tableau dans la classe et permettre la tenue à intervalles réguliers d'exercices d'apprentissage actif au moyen de questions (habituellement 1 ou 2 pour chaque séance de cours) posées à l'aide d'un système de réaction en classe. À la session d'hiver 2013, l'enseignement de ce cours a été confié au même chargé de cours qui, cette fois, s'est servi de la méthode de la salle de classe inversée, dans laquelle les étudiants devaient regarder une leçon sous forme de vidéo de 20 à 30 minutes avant chaque séance en classe. Cette vidéo montrait aux étudiants les connaissances fondamentales, les définitions, les équations, le contexte historique ainsi que des exemples de résolution de problèmes de base. Le temps consacré en classe servait donc aux possibilités d'apprentissage actif en nombre accru, suivies de courtes périodes (de 3 à 10 minutes) d'exercices individuels, à deux ou en groupe, puis d'une période de révision par le chargé de cours avec le groupe au complet.

### Modèle et méthodes de recherche

L'étude s'est appuyée sur un modèle quasi-expérimental en fonction duquel la cohorte des étudiants de 2012 a servi de groupe témoin (la cohorte du cours sous sa forme classique) et celle des étudiants de 2013 a constitué le groupe étudié (la cohorte de la salle de classe inversée). Au total, nous avons recueilli 12 ensembles de données auprès de ces deux cohortes, à peu près vers la même période pour l'une et l'autre des années et au moyen des mêmes outils, à l'exception de l'examen final. Les ensembles de données sont regroupés selon les catégories suivantes.

- 1) Les caractéristiques des étudiants : le rendement scolaire préalable et le style d'apprentissage.
- 2) Les comportements des étudiants : des questions sur la présence des étudiants aux séances magistrales, leur comportement quant au visionnement des leçons sous forme de vidéo, leur participation, et des questions sur les rapports entre les étudiants et le corps professoral dans l'enquête de fin de session et les groupes de discussion.
- 3) Les perceptions et l'évaluation des étudiants quant à l'enseignement : les réponses des étudiants face à la démarche d'enseignement, obtenues par des questions dans l'enquête de fin de session et les groupes de discussion, de même que les évaluations officielles des cours donnés par le corps professoral.
- 4) Les évaluations de l'apprentissage des étudiants : des tests sur l'inventaire des concepts avant et après l'enseignement, des interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, les notes finales dans le cours et un test sur la mémorisation des concepts à long terme.
- 5) L'autoefficacité : des questions sur l'autoefficacité dans l'enquête de fin de session.

En guise de préparation à l'analyse des données, nous avons pris plusieurs mesures. Nous avons établi des comparaisons entre les deux cohortes au chapitre du rendement scolaire préalable et des styles d'apprentissage ainsi que des connaissances préalables liées au cours, à l'issue desquelles nous n'avons pas constaté de différences statistiquement significatives. Outre le fait que le cours soit offert dans un programme où le cursus est fixe durant les deux premières années, nous avons l'assurance que les deux cohortes étaient comparables aux fins de la présente étude. De plus, nous avons eu recours à l'analyse factorielle pour obtenir un ensemble de notes mixtes en ce qui touche les facteurs de participation et d'autoefficacité des étudiants. Nous avons créé une mesure mixte quant à la participation relative à la méthode de la salle de classe inversée au moyen de l'analyse des regroupements, d'après les données sur les leçons sous forme de vidéo regardées et la présence en classe.

Nous avons procédé à deux ensembles d'analyse de régression hiérarchique relativement à deux des résultats d'apprentissage pour lesquels des différences statistiquement significatives étaient constatées entre les deux cohortes, à savoir les notes finales dans le cours et les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution des problèmes analytiques. Nous avons également mis en application une analyse thématique aux commentaires en réponse aux questions ouvertes dans l'enquête et dans le cadre de la participation aux groupes de discussion.

## Résultats

Voici nos principales constatations relativement aux perceptions des étudiants :

- 1) **Des rapports améliorés entre les étudiants et le corps professoral** : Nous avons relevé des améliorations dans la fréquence et la qualité des rapports en classe entre les étudiants et le corps professoral dans le contexte de la méthode de la salle de classe inversée. Seuls 25 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont dit n'avoir jamais établi de rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe, comparativement à 56 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique. De plus, 70 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont exprimé de la satisfaction quant au niveau des rapports durant les séances en classe, contre 51 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique.
- 2) **Une hausse de l'appréciation des séances en classe et de l'intérêt envers la matière du cours** : Tout juste un peu plus de la moitié (56 %) de la cohorte de la salle de classe inversée ont signalé que cette méthode rendait le temps consacré en classe plus agréable que dans une salle de cours sous sa forme classique, tandis que 25 % étaient d'avis contraire. À l'issue du cours, les évaluations de la cohorte de la salle de classe inversée quant à son enthousiasme étaient nettement plus élevées que celles faites par ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique (sur une échelle de 7,  $M_{inv} = 4,40$ ;  $M_{cla} = 3,93$ ). Les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont, à 43 %, situé le cours au premier ou au deuxième rang des cinq cours suivis cette session-là, par ordre de préférence, contre 34 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique.

- 3) **Un appui suffisant en faveur de l'apprentissage** : Plus de 70 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont affirmé avoir reçu l'appui nécessaire pour assimiler efficacement la matière du cours, ainsi que la possibilité d'obtenir des réponses à leurs questions. En outre, plus de 80 % des étudiants de cette cohorte ont jugé que les leçons sous forme de vidéos constituent un moyen efficace de présenter la matière du cours.
- 4) **La préférence mitigée des étudiants** : La réaction des étudiants face à la méthode de la salle de classe inversée s'est révélée mitigée : certains ont perçu les avantages possibles du nouveau processus et s'y sont investis activement, tandis que d'autres ont continué de préférer nettement la méthode magistrale sous sa forme classique. En effet, seuls 48 % des étudiants ont dit aimer davantage la méthode de la salle de classe inversée que le mode magistral sous sa forme classique, pendant que 36 % ont affirmé leur préférence envers la méthode classique.
- 5) **L'utilisation du temps dont disposent les étudiants** : Environ 50 % des étudiants ont affirmé utiliser leur temps, en classe et globalement, plus efficacement dans la méthode de la salle de classe inversée que dans la méthode classique, tandis qu'un peu plus du tiers des étudiants ne souscrivaient pas à l'idée qu'ils utilisaient leur temps plus efficacement. Une minorité appréciable (34 %) d'étudiants ont également déclaré qu'ils en arrivaient, grâce à la méthode de la salle de classe inversée, à « moins se bourrer le crâne » lorsqu'ils se préparaient aux grandes évaluations du cours.
- 6) **La charge de travail dans le cours** : Si les évaluations globales en lien avec la charge de travail dans le cours ne se sont pas révélées statistiquement différentes entre les deux cohortes, une minorité véhémement d'étudiants ont exprimé des préoccupations quant à l'effort constant requis pour suivre le rythme de visionnement des vidéos en vue de la préparation aux séances en classe. En effet, 32 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée contre 22 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique ont dit ne pas souscrire à l'énoncé suivant : « Comparativement aux autres cours suivis en deuxième année, la quantité de travail exigée dans ce cours est raisonnable ».

Voici les résultats importants en lien avec les comportements des étudiants :

- 1) **La présence en classe** : La méthode de la salle de classe inversée n'a pas nui à la présence en classe. Chez l'une et l'autre des cohortes, la présence en classe s'est située en moyenne à environ 60 % durant la session.
- 2) **Les leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classe** : Le pourcentage des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée qui regardaient les leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe s'est établi pour chaque séance en classe dans une fourchette allant d'un minimum de 34 % à un maximum de 80 %, la moyenne tout au long de la session se fixant à 57 %.

- 3) **Le lien entre la présence en classe et les leçons sous forme de vidéo regardées** : Il y avait une corrélation assez forte entre les leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classe et la présence en classe chez la cohorte de la salle de classe inversée ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,001$ ).
- 4) **La participation à la méthode de la salle de classe inversée** : À l'aide des mesures mixtes de la présence en classe et des leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classe, nous avons constaté que seul le cinquième du groupe d'étudiants (21 %) participaient activement à la méthode de la salle de classe inversée telle qu'elle était prévue à l'origine, ce qui signifie que ces étudiants étaient présents à au moins 75 % des séances en classe et qu'ils s'étaient préparés à au moins 75 % de celles-ci. Plus de la moitié de la cohorte de la salle de classe inversée (51 %) ont pris part au processus pendant au moins la moitié des séances en classe, tandis que 22 % ne participaient pas concrètement à la méthode, étaient présents à moins de 50 % des séances en classe et s'étaient préparés à moins de 50 % de celles-ci.

Voici les constatations principales se rapportant aux retombées de la méthode de la salle de classe inversée quant à l'**autoefficacité des étudiants** et aux **résultats d'apprentissage** :

- 1) **Aucun changement à l'autoefficacité des étudiants** : Nous n'avons constaté aucune différence statistiquement significative entre les deux cohortes au chapitre de l'autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui, l'assimilation de la matière du cours, et la réussite dans un programme de génie.
- 2) **Aucun changement aux mesures de la compréhension conceptuelle** : Nous n'avons pas constaté de différences statistiquement significatives entre la cohorte de la salle de classe inversée et celle du cours sous sa forme classique relativement à trois mesures de la compréhension conceptuelle de la matière du cours par les étudiants : a) les notes obtenues au test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement; b) la progression des notes obtenues au test sur l'inventaire des concepts; c) les notes obtenues au test sur la mémorisation des concepts à long terme.
- 3) **Une amélioration appréciable des notes et du niveau de confiance des étudiants relativement à leurs capacités de résolution de problèmes analytiques** : Dans trois ou quatre interrogations en classe « sans avertissement » où la capacité des étudiants à résoudre des problèmes d'une façon analytique était évaluée, la cohorte de la salle de classe inversée a affiché un rendement nettement supérieur à celui de la cohorte du cours sous sa forme classique. La comparaison de la moyenne globale de l'ensemble des quatre interrogations pour chaque cohorte révèle également des différences appréciables (sur 10 points,  $M_{inv} = 6,20$ ;  $M_{cla} = 4,65$  et  $r^2 = 0,16$ ). Dans les réponses données à ces interrogations, le niveau de confiance était également beaucoup plus élevé chez la cohorte de la salle de classe inversée que celle du cours sous sa forme classique.
- 4) **Le rendement scolaire dans le cours** : Au chapitre du rendement général dans le cours, la cohorte de la salle de classe inversée a affiché une moyenne supérieure à celle de la cohorte du cours sous sa forme classique en ce qui touche les notes finales dans le cours, mais l'ampleur de l'effet est très

restreinte ( $M_{inv} = 70,36$ ;  $M_{cla} = 73,41$  et  $r^2 = 0,01$ ). Il importe de souligner que les grandes évaluations du cours étaient de nature semblable, sans toutefois être identiques, pour l'une et l'autre des cohortes.

Nous avons procédé à des analyses de régression hiérarchique des résultats aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques et des notes finales quant aux données des deux cohortes de façon distincte, par la saisie de trois blocs de variable : a) les caractéristiques des étudiants, mesurées par le rendement scolaire et le style d'apprentissage au préalable; b) les expériences d'apprentissage, représentée par la démarche d'enseignement (classique ou de la salle de classe inversée), le degré des rapports entre les étudiants et le corps professoral durant les séances de cours, et trois facteurs de participation des étudiants en lien avec la méthode d'étude des étudiants dans le cours; c) les trois facteurs d'autoefficacité.

Il ressort du modèle de régression en lien avec les résultats aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques obtenus par l'une ou l'autre des cohortes que les 14 variables indépendantes interviennent pour 59 % de la variance dans ces résultats. Les variables prédictives et significatives d'une amélioration du rendement à ces interrogations sont le rendement scolaire préalable ( $\beta = 0,44$ ), le recours à la méthode de la salle de classe inversée ( $\beta = 0,30$ ), une hausse des présences aux séances magistrales ( $\beta = 0,18$ ) et la préférence envers un style d'apprentissage par l'intuition ( $\beta = 0,18$ ), après avoir tenu compte des autres variables.

En ce qui concerne le rendement scolaire dans le cours, les 14 variables indépendantes dans le modèle de régression étaient à l'origine de 75 % de sa variance. Une fois de plus, c'est le rendement scolaire préalable qui influait le plus fortement sur la note dans le cours ( $\beta = 0,71$ ), pendant que la présence aux séances magistrales ( $\beta = 0,20$ ) ainsi que l'autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui ( $\beta = 0,16$ ) jouaient également un rôle considérable, une fois les autres variables prises en compte. Il appert que le recours à la méthode de salle de classe inversée ne contribue pas considérablement au rendement global des étudiants dans le cours.

Nous avons procédé à un ensemble subséquent d'analyses de régression hiérarchique des données de la cohorte de la salle de classe inversée seulement, par la saisie de deux blocs de variables : a) les caractéristiques des étudiants, les mêmes qu'au préalable; b) le niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée (« faible » et « moyen », le niveau « fort » servant de référence). D'après le résultat obtenu, le rendement scolaire préalable constituait la plus importante variable prédictive significative des notes finales dans le cours ( $\beta = 0,72$ ); de plus, les niveaux de participation à la méthode de la salle de classe inversée ont passablement changé le cours des choses ( $\beta_{moyen} = -0,17$  et  $\beta_{faible} = -0,27$ ), après avoir tenu compte des autres variables.

Dans l'ensemble, les résultats de la présente étude appuient la notion selon laquelle la méthode de la salle de classe inversée peut avoir une incidence positive sur les expériences d'apprentissage des étudiants, comme les rapports entre les étudiants et le corps professoral et l'appréciation des séances en classe, de même que certains résultats d'apprentissage, en particulier les capacités de résolution des problèmes analytiques. En outre, les données appuyaient fortement l'importance d'un milieu d'apprentissage propice à

un appui et de la participation des étudiants liée à la méthode de la salle de classe inversée. Nous avons également constaté, pendant l'instauration de la nouvelle démarche d'enseignement, que les étudiants avaient des réactions mitigées à propos de cette démarche et de la charge de travail s'y rapportant. Il semble que les styles d'apprentissage privilégiés par les étudiants aient influé dans une certaine mesure sur leurs perceptions et leurs résultats d'apprentissage.

## Recommandations

Pour que la méthode de la salle de classe inversée favorise une amélioration de l'apprentissage, les étudiants doivent assumer une responsabilité accrue quant à leur propre processus d'apprentissage et faire en sorte de recourir judicieusement aux activités d'apprentissage avant les séances en classe et durant celles-ci. Maintenant, pour que les étudiants puissent effectuer la transition nécessaire à partir du mode d'apprentissage sous sa forme classique qu'ils connaissent bien, il est crucial que le chargé de cours apporte l'appui et la motivation nécessaires afin que les étudiants constatent les avantages de la nouvelle méthode d'apprentissage.

Par suite de résultats obtenus dans la présente étude, voici nos recommandations en vue d'une mise en œuvre réussie de la méthode de la salle de classe inversée :

- Motiver et appuyer les étudiants afin qu'ils acquièrent de nouvelles techniques d'apprentissage.
- Concevoir soigneusement les leçons sous forme de vidéo ou les activités avant les séances en classe à l'aide d'une méthode axée sur la recherche.
- Insister sur l'importance de regarder les leçons sous forme de vidéo avant d'assister aux séances en classe.
- Intégrer convenablement les activités ou les leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe aux expériences d'apprentissage durant les séances en classe.
- Prendre le temps de concevoir des activités en classe réfléchies et bien structurées.
- Fournir un milieu d'apprentissage propice à un appui par le recours aux mécanismes appropriés de technologie et de rétroaction.
- Envisager l'utilisation avec souplesse de la méthode de la salle de classe inversée.

## Réflexions définitives

Voici les raisons pour lesquelles la présente étude enrichit la documentation croissante sur le recours à la méthode de la salle de classe inversée :

- Il s'agit d'une évaluation exhaustive et systématique des comportements et des perceptions des étudiants ayant trait à la salle de classe inversée ainsi qu'à ses retombées sur leurs résultats d'apprentissage.
- En ce qui touche l'évaluation des résultats d'apprentissage, notre étude se situe au-delà de la pratique courante qui consiste à s'appuyer sur les notes finales en guise d'indicateur fondamental des résultats pour englober plusieurs outils supplémentaires afin de mesurer la compréhension conceptuelle et les capacités de résolution de problèmes analytiques.

- Parce que chaque cohorte comportait plus de 300 étudiants, les constatations s'appuient sur un échantillon dont la taille est relativement grande.
- La méthode d'enseignement a été soigneusement conçue d'après les principaux principes intégrés à la méthode de la salle de classe inversée, et les évaluations sont exécutées à dessein pour fins de comparaison, bien qu'il y ait quelques failles.
- Nous avons examiné et évalué la participation des étudiants à la nouvelle démarche.

La présente étude, espérons-nous, saura rehausser la compréhension des avantages ou des difficultés liées à la méthode de la salle de classe inversée en général, ainsi que de ses retombées sur les expériences et résultats d'apprentissage des étudiants, ce qui constitue le point de mire de cette étude. Nous souhaitons également qu'il y ait des initiatives de recherche continues pour traiter les retombées de la méthode de la salle de classe inversée dans une vaste gamme de disciplines au moyen d'études longitudinales. Une fois pris en compte les avantages de la salle de classe inversée, il y a lieu également d'évaluer les autres résultats souhaitables sur les plans affectif et cognitif, comme l'obtention de compétences en pensée critique et en apprentissage continu, de compétences d'apprentissage axées sur la collaboration et le travail d'équipe, de niveaux supérieurs de résilience et d'automotivation, ainsi que d'une intégration accrue en milieu d'apprentissage.

À l'exemple de toute innovation pédagogique, le recours à la méthode de la salle de classe inversée ne constitue pas en soi une solution. Il s'agit d'un outil, d'un véhicule qui peut permettre aux étudiants de s'approprier une démarche de compréhension à vie, grâce au soutien de leur chargé de cours et de leurs pairs. La prudence s'impose dans sa mise en application, compte tenu de l'expérience globale des étudiants et du fait qu'elle demeure une technique naissante d'enseignement d'apprentissage aux yeux des étudiants et des chargés de cours. Il faut en apprendre et en communiquer davantage sur sa mise en œuvre judicieuse. Toutefois, nous prévoyons que plus l'accès à la technologie et l'architecture favorisant la mise en œuvre de cette méthode s'élargira, plus les étudiants et chargés de cours en viendront à adopter l'apprentissage et l'enseignement selon ce modèle, de sorte que le potentiel de la méthode s'en trouvera complètement concrétisé.

## 1 Introduction

L'étude dont il est question dans les pages suivantes a fondamentalement pour objet d'évaluer les retombées de la méthode de la salle de classe inversée sur les comportements des étudiants, leurs perceptions et leur expérience d'apprentissage, ainsi que leurs résultats d'apprentissage dans un cours de génie physique de niveau intermédiaire.

Le présent rapport montre le sommaire des principales constatations de l'étude de même qu'un ensemble de recommandations en vue d'une utilisation appropriée de la méthode de la salle de classe inversée. Cette section s'amorce par un court sommaire des fondements théoriques quant à l'utilisation de la méthode de la salle de classe inversée, de même qu'un aperçu succinct de la recherche effectuée au préalable au sujet de cette méthode. Par la suite, le contexte de l'établissement d'enseignement et du cours est décrit, assorti de certains détails quant à la nouvelle méthode ainsi qu'à la méthode classique appliquée au groupe témoin dans le modèle d'étude. Les sections suivantes présentent les méthodes de recherche et les résultats de l'analyse des données, suivis de nos observations globales, de nos recommandations et de nos réflexions définitives.

### La justification du recours à la méthode de la salle de classe inversée

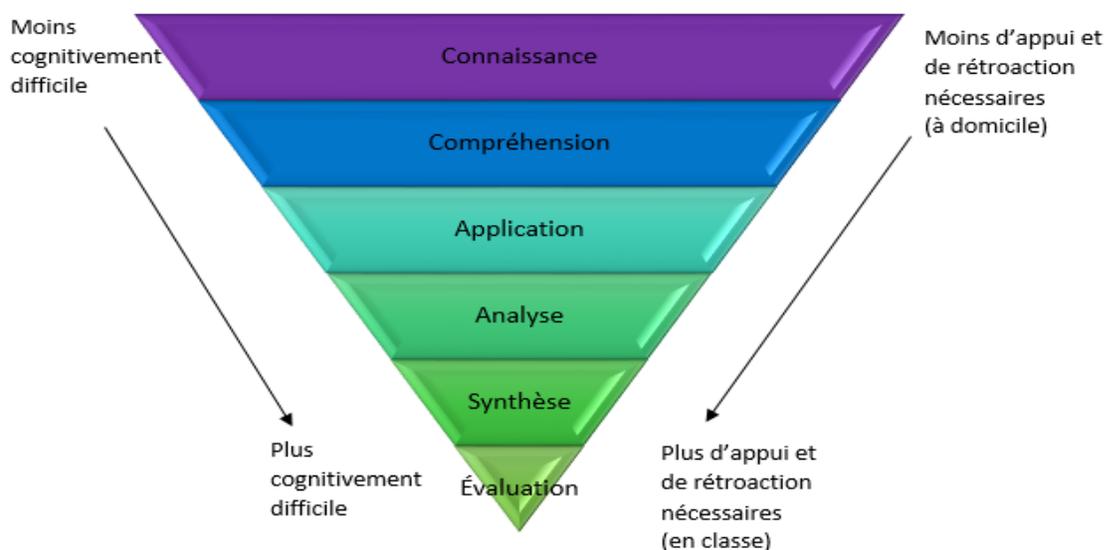
Dans la méthode de la salle de classe inversée, qui porte parfois d'autres désignations, il y a inversion du moment et du lieu propres aux séances magistrales et aux devoirs sous leur forme classique, de sorte que les méthodes d'enseignement et d'apprentissage s'en trouvent transformées de nombreuses façons. Grâce à l'utilisation des technologies d'apprentissage, particulièrement le multimédia, l'inversion de la salle de classe est viable sur le plan technique. Aux termes du modèle de la salle de classe inversée, les étudiants assimilent les éléments fondamentaux, le contexte, la terminologie, les lois de la physique et les méthodes de résolution de problèmes propres à leur cours au moyen de courtes vidéos et d'interrogations en classe intégrées qu'ils regardent et mènent à bien *avant* d'assister aux séances en classe. Voilà qui exige des étudiants l'acquisition d'un certain degré de compréhension de la matière du cours avant les séances en classe, ce qui permet de consacrer davantage de temps en classe à la résolution de problèmes de même qu'à la mise en application de la compréhension conceptuelle à des applications concrètes.

De plus, le chargé de cours a davantage la possibilité de donner aux étudiants une rétroaction formative et immédiate et d'entrer en rapport avec eux de façon davantage significative. Par conséquent, cette méthode permet aux étudiants de s'investir plus activement dans la matière du cours durant le temps consacré en classe en face à face. Elle fait habituellement intervenir plusieurs exercices d'apprentissage actif et en collaboration, ce qui permet donc de favoriser un apprentissage approfondi de la matière du cours [dans Prince (2004); Menekse, Stump, Krause, et Chi, 2013]]. À bien des égards, cette méthode ressemble à la pratique où des lectures sont exigées avant les séances en classe, lesquelles servent à débattre et à discuter; cette pratique est fréquemment employée dans de nombreux cours et séminaires en lettres et sciences humaines de même qu'en sciences sociales. Il est possible de percevoir la méthode de la salle de classe inversée comme l'adaptation de cette méthode d'enseignement, employée depuis longtemps, pour les

cours des domaines tels que le génie et les sciences, où des lectures avant les séances en classe ne sont habituellement pas exigées.

L'efficacité potentielle de la méthode de la salle de classe inversée s'appuie sur plusieurs théories de l'éducation et pratiques exemplaires bien connues dans l'enseignement. D'abord, cette méthode offre aux étudiants un appui spécialisé supplémentaire aux niveaux les plus élevés du domaine cognitif de la taxonomie des objectifs éducationnels selon Bloom, comme le montre le graphique 1 [Bloom (1956); Talbert, 2011)]. Dans de nombreux cours de mathématiques, de science et de génie donnés sous leur forme classique, les séances magistrales sont axées sur les niveaux les plus faibles de cette taxonomie, de sorte que les étudiants sont initiés à la connaissance et la compréhension de base du concept qui se présente. De plus, ces séances magistrales comportent souvent des *exemples* déjà résolus quant à la mise en application des connaissances, sans pour autant permettre aux étudiants d'*exercer* cette mise en application. Autrement dit, les stades de mise en application et d'analyse de l'apprentissage se déroulent à l'extérieur des séances en classe, le plus souvent par des ensembles de problèmes à résoudre en devoir ou la préparation en vue des évaluations du cours. Lorsque les cours sont donnés de cette façon, les étudiants qui se situent aux niveaux supérieurs, lesquels sont plus cognitivement difficiles, n'ont habituellement pas la possibilité directe d'obtenir une rétroaction formative ponctuelle spécialisée. Dans le modèle de la salle de classe inversée, les vidéos et interrogations avant les séances en classe, lesquelles en constituent des composantes fondamentales, aident les étudiants à amorcer le développement de l'apprentissage dans les domaines de la connaissance et de la compréhension. Grâce à cette étape, les séances en classe peuvent servir à consolider ou à rectifier la compréhension conceptuelle des étudiants, mais surtout à aider les étudiants à progresser dans les niveaux les plus élevés du domaine cognitif, appuyés directement par le chargé de cours.

Graphique 1 : Inversion de la taxonomie des objectifs éducationnels selon Bloom – Domaine cognitif

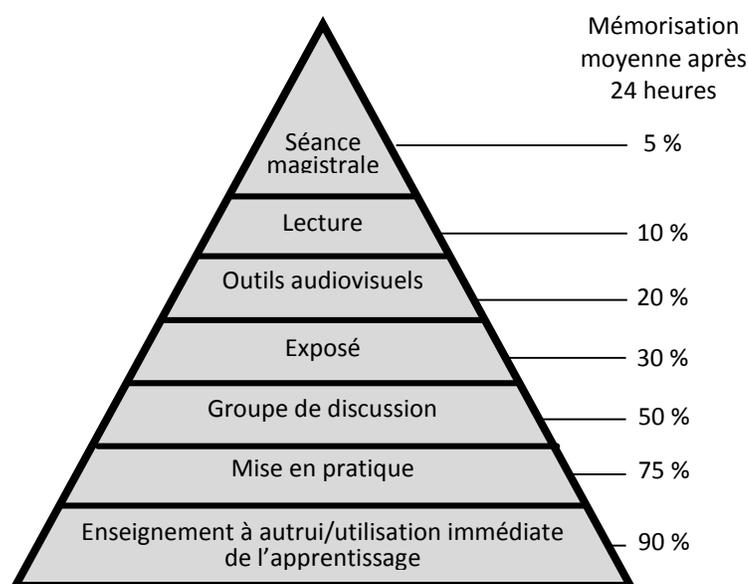


Ensuite, cette nouvelle méthode présente un autre avantage : elle donne la possibilité aux étudiants et au chargé de cours de créer des expériences d'apprentissage davantage personnalisées, même lorsque les étudiants sont nombreux. Au moyen des vidéos à regarder avant les séances de classe, les étudiants ont accès à la matière fondamentale du cours, ce qui leur permet d'apprendre à leur propre rythme et de réviser, si besoin est. Voilà qui peut aider en particulier les étudiants dont la langue maternelle n'est pas l'anglais ou qui peuvent nécessiter du temps supplémentaire pour traiter de nouveaux concepts. Si elles sont bien conçues, les activités en classe permettent à l'étudiant de s'investir dans la matière par divers moyens, y compris la pensée et la réflexion individuelles de même que les expériences d'apprentissage en collaboration par paire ou en groupe. Étant donné que les principales possibilités d'apprentissage ont lieu lorsque

l'étudiant s'investit individuellement dans la matière, soit par le visionnement des vidéos et l'achèvement des interrogations avant les séances en classe ou durant les activités en classe, chaque étudiant doit assumer davantage la responsabilité de son processus d'apprentissage. La méthode de la salle de classe inversée présente donc l'avantage de pouvoir servir à appuyer l'acquisition étudiant doit assumer davantage la responsabilité de son processus d'apprentissage. De cette façon, la méthode de la salle de classe inversée présente l'avantage de pouvoir servir à appuyer l'acquisition intentionnelle et structurée des compétences personnalisées et cruciales de l'apprentissage permanent. Du point de vue du chargé de cours, il est possible d'adapter la méthode pédagogique en

fonction des besoins du groupe par un examen minutieux des exercices faits avant les séances en classe (p. ex. les interrogations) et au moyen des rapports entretenus avec les étudiants au cours des périodes d'activité. En outre, la méthode de la salle de classe inversée peut augmenter la mémorisation des connaissances. Pour mémoriser la nouvelle matière, les étudiants doivent « travailler » à l'aide de nouveaux concepts puis intégrer ceux-ci à leur propre cadre de connaissances actuel. Dans son ouvrage intitulé *How Brains Learn*, l'auteur David Sousa présente en résumé la recherche faite sur plus de 50 ans à l'aide d'une pyramide de mémorisation qui révèle que les taux de mémorisation de la matière 24 heures après l'enseignement varient considérablement selon le mode pédagogique privilégié [Sousa (2011)] (voir le graphique 2). Par exemple, les particuliers mémorisent en moyenne de 5 % à 10 % de la matière apprise par le traitement verbal (séance magistrale ou lecture), tandis que ce taux augmente pour se situer entre 75 % et 90 % lorsque l'enseignement est donné sous une forme plus active, comme la « mise en pratique » ou l'« enseignement à autrui/utilisation immédiate de l'apprentissage ». La pyramide révèle l'efficacité d'une méthode active d'apprentissage. Ce qu'il faut comprendre ici, c'est que de tels chiffres correspondent à des

**Graphique 1 : Mémorisation moyenne après 24 heures, selon la méthode pédagogique [d'après Sousa (2011)]**



moyennes et que la qualité des diverses activités est beaucoup plus déterminante. La méthode de la salle de classe inversée a pour objet de favoriser davantage la tenue de ces formes pédagogiques actives afin d'aider les étudiants à mémoriser les nouvelles connaissances acquises.

Enfin, la méthode de la salle de classe inversée permet de traiter chacun des principes qui composent l'ouvrage des auteurs Chickering et Gamson paru en 1987 et intitulé *Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education* :

- 1) Favoriser la prise de contact entre l'étudiant et le chargé de cours
- 2) Favoriser la collaboration entre étudiants
- 3) Favoriser l'apprentissage actif
- 4) Donner de la rétroaction ponctuelle
- 5) Privilégier le temps consacré aux tâches
- 6) Communiquer de grandes attentes
- 7) Respecter la diversité des talents et modes d'apprentissage

Par conséquent, la méthode de la salle de classe inversée a pour prémisse fondamentale le potentiel de rehausser les expériences et les résultats d'apprentissage des étudiants en permettant ce qui suit :

- 1) le chargé de cours doit concevoir des activités et possibilités d'apprentissage qui **procurent l'échafaudage convenable** entre, d'une part, la compréhension et les capacités actuelles des étudiants et, d'autre part, les résultats souhaités en apprentissage dans le cours;
- 2) les étudiants doivent demander un appui et recevoir une rétroaction immédiate quant à leur apprentissage durant les séances en classe par **un accroissement des rapports** avec les pairs et leur chargé de cours;
- 3) les étudiants doivent s'investir dans des expériences d'apprentissage significatives au moyen **d'activités et exercices en classe ayant trait aux niveaux supérieurs d'apprentissage**, comme l'analyse et la mise en application;
- 4) les étudiants doivent assumer davantage la **responsabilité de leur propre processus d'apprentissage** pour en arriver à une expérience d'apprentissage davantage personnalisée;
- 5) le chargé de cours doit appuyer les étudiants dans l'**acquisition intentionnelle de compétences liées à l'apprentissage permanent et autorégulé**.

### Examen de la documentation

L'efficacité de la méthode de la salle de classe inversée n'est prise en compte dans la documentation que depuis une quinzaine d'années. Dans deux des premières publications à ce sujet [Foertsch, Moses, Strikwerda et Litzkow (2002); Lage, Platt et Treglia (2000)], il ressort que les étudiants et le corps professoral réagissent plutôt positivement à cette méthode. Ces études conviennent du fait que les étudiants apprécient pour la plupart la capacité de regarder le contenu, ou les « séances magistrales », sous forme de vidéo, au moment ou à la cadence de leur choix, que l'évaluation faite de l'utilité du temps passé en face à face dans la méthode de la salle de classe inversée est supérieure à celle dans la méthode

classique, et que la méthode de la salle de classe inversée permet d'amplifier les rapports entre le chargé de cours et les étudiants. Toutefois, en ce qui concerne le fait que la méthode de classe inversée exige des étudiants davantage de travail qu'un cours sous sa forme classique, les constatations différaient. De plus, dans l'une et l'autre de ces études, les étudiants ont éprouvé des problèmes liés à la prestation technique et à la facilité d'emploi des vidéos (p. ex., facilité de faire marche avant ou marche arrière) parce que la technologie requise n'était pas au point. En outre, les auteurs Lage et al. ont insisté sur la notion selon laquelle la méthode de classe inversée pouvait convenir aux divers styles d'apprentissage des étudiants.

Au fur et à mesure que la technologie requise pour faire de courtes vidéos devient davantage accessible, un nombre croissant de chargés de cours dans les établissements d'enseignement supérieur à l'échelle de la planète adoptent le modèle d'enseignement de la salle de classe inversée. Par conséquent, la documentation et les rapports des médias à propos de la méthode de la salle de classe inversée augmentent [Hamdan, McKnight, McKnight et Arfstrom (2014); Talbert (2014); Watters (2012)] et cette méthode fait l'objet d'essais dans diverses disciplines. Certains articles de recherche parus récemment [Findlay-Thompson et Mombourquette (2014); Post, Deal et Hermanns (2015)] ont fait état de réactions mitigées face au recours à la méthode de la salle de classe inversée. Les commentaires positifs se rapportaient à la souplesse du travail à partir des vidéos à la cadence choisie, et au fait que cette méthode aide les étudiants à devenir autonomes dans leur apprentissage, tandis que certains étudiants ont exprimé de la frustration quant à la méthode et des préoccupations en lien avec la gestion du temps lorsqu'il faut équilibrer diverses ressources d'apprentissage.

Quoi qu'il en soit, la plupart des articles continuent de présenter une description des éléments particuliers de la méthode et des perceptions des étudiants à ce chapitre, pendant que les études empiriques rigoureuses à propos de cette méthode font toujours défaut. En conclusion d'un article de synthèse paru récemment [Bishop et Verleger (2013)], il est constaté que les étudiants réagissent plutôt positivement dans l'ensemble face à la nouvelle méthode pédagogique, mais que la recherche qui prête attention à la mesure des résultats d'apprentissage des étudiants fait défaut. Il existe une documentation restreinte dans laquelle la méthode de la salle de classe inversée et la méthode pédagogique sous sa forme classique sont mises en comparaison et quelques données empiriques sont présentées. Un document de conférence [Papadopoulos et Roman (2010)] révèle que la méthode de la salle de classe inversée a comporté, sur l'assimilation des concepts de base, des retombées positives supérieures à celles du modèle pédagogique sous sa forme classique dans un cours de génie physique donné en première année à l'Université de Porto Rico. De façon précise, on a constaté une forte croissance entre la note au test avant et celle au test après l'enseignement en ce qui touche une interrogation sur l'inventaire des concepts chez les étudiants exposés à la méthode de la salle de classe inversée par rapport à ceux ayant reçu un enseignement sous sa forme classique. Aucune différence statistiquement significative n'a toutefois été constatée dans la progression de l'apprentissage chez les étudiants. Il se peut que cet état de choses soit attribuable à la taille restreinte de l'échantillon à l'étude (inversée :  $n = 43$ ; classique :  $n = 11$ ).

De récentes études ont fait état de résultats mitigés en ce qui touche l'apprentissage des étudiants. Un groupe de chargés de cours à l'Université de Toronto ont constaté un résultat très positif, à savoir une hausse de 8 % de la note à l'examen final des étudiants après la transition vers la méthode de la salle de

classe inversée dans un cours de programmation informatique donné en première année ( $n$  total = 1 307) [Horton, Craig, Campbell, Gries et Zingaro (2014)]. Bien que les examens finaux des cohortes de la méthode classique et inversée aient comporté chacun des questions différentes, les chercheurs ont constaté que les niveaux de difficulté de l'un et l'autre des examens étaient considérés comme les mêmes par des experts indépendants du domaine. Par ailleurs, l'auteur McClelland (2013) a constaté que les étudiants dans un cours de génie en mécanique des fluides donné en deuxième année selon la méthode de la salle de classe inversée ( $n = 146$ ) avaient obtenu un résultat légèrement inférieur à celui des étudiants de la cohorte ayant reçu un enseignement sous sa forme classique dans le cursus précédent, et ce, même si l'examen final était identique ( $n = 149$ ) (moyenne = 80,2 % contre 83,7 %;  $p < 0,05$ ); de plus, des résultats semblables ont été constatés dans les interrogations communes que les étudiants ont passé tout au long de la session. Tant les auteurs Bates et Galloway (2012) dans leur cours d'initiation à la physique, que l'auteur Choi (2013) dans son cours d'initiation au génie logiciel, ont constaté que la méthode de la salle de classe inversée permettait d'améliorer la compréhension conceptuelle; toutefois, l'auteur Choi a également constaté que cette méthode n'avait pas rehaussé le rendement global dans le cours. D'autres articles ont relaté l'absence de différences statistiquement significatives entre les cohortes de l'enseignement sous sa forme classique et de la méthode de la salle de classe inversée relativement à l'examen commun et aux tests avant et après l'enseignement quant à la compréhension conceptuelle dans des cours de génie et de mathématiques donnés en première année [Lape, Levy, Yong, Haushalter, Eddy et Hankel (2014); Love, Hodge, Grandgenett et Swift (2013); Morin, Kecskemety, Harper et Clingan (2013)]. En outre, des améliorations ont été décelées quant au rendement des étudiants au bas de l'échelle dans la répartition des notes. À titre d'exemple, les auteurs Ossman et Bucks (2014) ont constaté un recul du pourcentage d'étudiants ayant abandonné, échoué ou obtenu la note « D » - passant de 12,1 % à 9,1 % - dans un cours de génie informatique donné en première année, une fois effectuée la transition vers la méthode de la salle de classe inversée.

Dans tous les cas, l'importance de la participation des étudiants à la nouvelle méthode d'apprentissage pour obtenir de bons résultats est mise en relief. Comme les auteurs Love et al. (2013) l'ont fait remarquer, après que les étudiants ont progressé tout au long de la session et semblé s'adapter à la méthode de la salle de classe inversée, les améliorations constatées entre les notes d'un test de session à l'autre étaient nettement plus marquées comparativement à la même progression réalisée par la cohorte ayant reçu un enseignement sous sa forme classique. Dans la même veine, les auteurs Lape et al. (2014) conviennent de l'importance de recourir à des exercices d'apprentissage actif durant les périodes passées en face à face, par opposition à l'« inversion » pure et simple, où les exercices à faire en devoir font simplement l'objet d'une transition vers les séances magistrales dans lesquelles les chargés de cours donnent un appui aux étudiants au fur et à mesure que ces derniers résolvent les problèmes. L'incohérence décelée dans la documentation récente à propos de la méthode de la salle de classe inversée est vraisemblablement imputable en grande partie à la panoplie étendue des moyens par lesquels cette méthode est mise en œuvre. Les types de documents et d'expériences pédagogiques ainsi que leur qualité relative en classe et à l'extérieur de celle-ci dans le contexte du présent corpus de recherche varient considérablement.

En Ontario, les ressources didactiques servant à mettre en œuvre la méthode de la salle de classe inversée sont apparues à l'occasion aux niveaux élémentaire, secondaire et postsecondaire. Par exemple, la Fédération des enseignantes et des enseignants de l'Ontario a tenu en 2013 un webinaire à ce sujet à

l'intention du personnel enseignant de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année [Sherry et Skillen (2013)]. Les ressources relatives à cette technique ont été téléversées dans les sites Web des centres d'enseignement et d'apprentissage de certains établissements d'enseignement postsecondaire (p. ex., le Collège Humber, l'Université Western) et il semble que le Collège Algonquin s'est mis à recourir à cette technique pour enseigner le fonctionnement du logiciel de montage [Educause (s.d.)]. Pendant que de plus en plus de gens font appel à la méthode de la salle de classe inversée, de nombreuses questions demeurent sans réponse quant à la compréhension de la mesure dans laquelle cette méthode peut rehausser l'enseignement et l'apprentissage.

### Questions de recherche

Compte tenu du contexte susmentionné, la présente étude tente de répondre aux principales questions de recherche suivantes :

- 1) Quels sont les **comportements** et les **perceptions des étudiants** ayant trait à la méthode de la salle de classe inversée?
- 2) Comparativement à la méthode de la salle de classe sous sa forme classique, quelles sont les retombées de la méthode de la salle de classe inversée sur l'**autoefficacité** et les **résultats d'apprentissage**?

### Contexte de l'établissement d'enseignement et du cours

La présente étude s'est déroulée à la faculté des sciences appliquées et de génie (FSAG) de l'Université de Toronto, laquelle est une université subventionnée par l'État, centrée sur la recherche et située dans la région du Grand Toronto. La FSAG englobe 275 membres du corps professoral, 5 000 étudiants de premier cycle et près de 2 000 étudiants de cycles supérieurs. La FSAG jouit d'une bonne réputation à l'étranger grâce aux programmes dynamiques qu'elle propose et qui permettent aux étudiants non seulement de recevoir une excellente formation en génie, mais d'approfondir celle-ci à l'aide de possibilités de placement professionnel, comme une année d'expérience en milieu professionnel, ou au moyen de l'un des nombreux programmes de mineure en génie. Le département Edward S. Rogers de génie électrique et informatique (ECE) est l'un des huit départements qui composent la FSAG; ce département compte habituellement 300 étudiants de premier cycle chaque année dans le programme, ce qui porte à environ 1 500 le nombre d'étudiants dans la cohorte globale de premier cycle. Les deux premières années du programme consistent exclusivement en des cours obligatoires, et chaque année de programme fait habituellement l'objet d'une répartition en deux ou trois sections magistrales où le nombre d'étudiants varie entre 100 et 150.

Notre projet s'est appuyé sur l'enseignement de l'un des cours de base donnés en deuxième année à la session d'hiver dans le programme d'ECE et intitulé *ECE221H1S : Champs électriques et magnétiques*. Ce cours a pour objet la compréhension physique essentielle des champs magnétiques et électriques statiques. La plupart des étudiants dans le cours sont au fait d'environ 75 % de la matière du cours, laquelle se rapporte à l'un des cours suivis en première année. De plus, tous les étudiants avaient pris connaissance d'un grand nombre des concepts s'y rapportant à l'époque où ils faisaient leurs études secondaires, quoique

l'ampleur et la qualité de cette exposition précoce aux concepts varient passablement. Quoi qu'il en soit, dans le cours ECE221H1S, la matière est abordée par le recours aux calculs vectoriels que les étudiants ont appris à la session précédente. En outre, l'accent est davantage mis sur l'utilisation des principaux systèmes de coordonnées (cartésien, cylindrique et sphérique) afin de résoudre les problèmes dans les trois dimensions. Étant donné la nature abstraite de la matière du cours à laquelle s'ajoutent ces deux nouvelles composantes mathématiques, le cours est habituellement considéré comme l'un des plus difficiles du cursus de quatre ans. Par surcroît, on estime que la session d'hiver de la deuxième année comporte la charge de travail la plus lourde dans le programme d'ECE parce quatre des cinq cours comportent d'importantes composantes en laboratoire et que deux de ces cours exigent d'importants projets de conception, dont un projet de logiciel de serveur Web qui dure toute la session.

Le cours suscite des préoccupations, car après avoir mené celui-ci à bien, de nombreux étudiants en troisième année du programme révélaient des lacunes considérables dans leur compréhension de plusieurs concepts de base. Ce phénomène s'est observé tant à l'examen final du cours que dans la mise en application des concepts durant un cours subséquent en troisième année. Manifestement, l'apprentissage en contexte immédiat et à long terme ne se déroulait pas au niveau souhaité.

Pour bien assimiler la matière du cours, il faut nécessairement manifester une solide compréhension conceptuelle d'une matière très abstraite. Le cours exige également des étudiants qu'ils mettent convenablement en application les formules mathématiques opportunes afin de résoudre des problèmes analytiques. Devant la nécessité d'acquérir des compétences en résolution de problèmes et une compréhension conceptuelle rigoureuse, on a jugé que la méthode de la salle de classe inversée serait pour les étudiants une façon prometteuse d'apprendre dans ce cours. Cette méthode habilite les étudiants et les chargés de cours à recourir en classe à des périodes en face à face et en direct dans l'optique d'améliorer ou de rectifier la compréhension des concepts, tout en travaillant à des solutions aux problèmes dans un esprit de collaboration. Il ressort de la recherche qu'une méthode davantage active s'est révélée plutôt fructueuse dans les cours « conceptuellement lourds » [Chasteen, Pollock, Pepper et Perkins (2012)] et que les méthodes où sont autorisées les réponses en classe à des questions conceptuelles ainsi que des périodes d'enseignement par les pairs en guise de suivi sont particulièrement bénéfiques à l'acquisition d'une solide compréhension conceptuelle [Crouch et Mazur (2001)].

Durant de nombreuses années, le même chargé de cours assumait l'enseignement du cours susmentionné selon une méthode pédagogique « classique » et centrée sur lui-même. Conformément à cette méthode, les séances magistrales servaient essentiellement à présenter aux étudiants les concepts de base du cours, et le chargé de cours prenait la parole durant l'essentiel des séances en classe. Les questions étaient bien accueillies et le chargé de cours a tenté de nouer le dialogue avec les étudiants, mais dans l'ensemble l'expérience en classe des étudiants était surtout axée sur l'écoute du chargé de cours et la prise de notes exhaustives. Cependant, cette méthode dite classique faisait intervenir plusieurs composantes technologiques ayant pour objet d'accroître la participation des étudiants à l'apprentissage, notamment le recours à une tablette pour remplacer le tableau, l'intégration de séances d'animation, d'applets, de vidéos et d'exposés en direct, de même que le recours à un système de réaction d'auditoire en classe (c.-à-d. les iclickers).

## Intervention dans le cours

Par suite de l'intervention – la méthode de la salle de classe inversée – apportée en 2013, les étudiants ont dû assumer une responsabilité accrue de leur processus d'apprentissage, car ils devaient désormais bien se préparer en vue des séances en classe. Le chargé de cours a créé une série de 35 « leçons sous forme de vidéo » afin d'initier les étudiants aux concepts fondamentaux de la matière du cours. La durée moyenne des vidéos s'établissait à environ 25 minutes. Ces vidéos s'appuyaient sur les notes des séances magistrales du cours durant les années précédentes et consistaient en de simples vidéocaptures d'écran, dont la création s'est faite par le truchement du studio Camtasia<sup>1</sup>. La prestation de ces vidéos était assurée au moyen du système de gestion de l'apprentissage pour le cours et des interrogations de type « autotest » s'intégraient tout au long de la vidéo à intervalles d'environ 10 minutes. Une fois terminée la préparation avant la séance en classe, on disposait alors de beaucoup plus de temps durant les séances magistrales, individuellement ou en groupe, pour s'adonner à des exercices d'apprentissage actif où les étudiants devaient s'exercer à résoudre des problèmes en fonction des théories et concepts clés traités dans les vidéos des leçons. Une comparaison détaillée des deux démarches d'enseignement figure dans **Error! Reference source not found.** L'auteur Stickel (2014) présente une analyse approfondie de la façon par laquelle la matière propre aux cours est enseignée à l'aide de cette méthode.

Puisque des préoccupations étaient liées au risque que les étudiants trouvent difficile le fait d'assumer la responsabilité de l'apprentissage de la matière du cours présentée dans les séances magistrales, on a donné l'accès à plusieurs ressources en ligne de façon à ce que les étudiants bénéficient de possibilités de soutien accrues. Voici les possibilités en question :

- Des exemples en format papier et vidéo, ainsi que des sommaires en format vidéo de la solution à la première évaluation du cours.
- Un forum de discussion où les étudiants pouvaient de façon anonyme téléverser des questions et des réponses. Le personnel enseignant en assurait la supervision étroite, de façon à pouvoir répondre rapidement aux étudiants.
- Une collection de ressources d'animation et d'applet en ligne.
- La base de données des leçons et des séances magistrales sous forme de vidéo.

Au début du cours, il était également prévu que des heures d'ouverture en ligne seraient offertes, mais on a constaté que la technologie ne permettait pas de reproduire fidèlement une heure d'ouverture en direct, car le chargé de cours ne pouvait ni tracer des graphiques avec exactitude, ni rédiger les solutions aux questions qu'on aurait pu lui poser. Par conséquent, seules les heures d'ouverture en direct ont été offertes.

Puisqu'il était difficile d'obtenir une mesure fiable et exacte pour savoir jusqu'à quel point les étudiants se servaient de chacune de ces ressources en ligne, nous avons décidé d'exclure de l'analyse quantitative le

---

<sup>1</sup> Des exemples de ces vidéos se trouvent au <http://youtu.be/S2t1aCwx1wg> and <http://youtu.be/vVObsHk7klg> (site en anglais seulement).

recours à ces ressources dans le contexte de la présente étude de recherche. Un bon nombre des exemples en format papier et vidéo, de même que la collection de ressources d'animation d'applets en ligne, étaient également mises à la disposition des étudiants de la cohorte du cours sous sa forme classique. Enfin, à cause de la difficulté quant à la saisie des formules, nous avons constaté que le forum de discussion n'a pas servi aussi souvent que prévu au début du cours. De façon précise, environ 30 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont participé au forum au moyen de lectures à intervalles réguliers et de téléversements à l'occasion, tandis qu'à peu près 10 % de ces étudiants se sont investis activement par des téléversements de questions et de réponses à intervalles réguliers.

**Tableau 1 : Mise en comparaison des deux démarches d'enseignement**

Cohorte	Principales caractéristiques de la démarche d'enseignement en résumé
<p><b>Démarche classique centrée sur le chargé de cours (2012)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les séances magistrales se déroulaient d'après la structure générale suivante : a) motivation/présentation/définitions/dérivations des concepts; b) problème(s) en guise d'exemple(s); à l'occasion c) discussion relative aux applications de génie; ou d) exposés expérimentaux.</li> <li>• Le chargé de cours se servait d'une tablette informatique plutôt que du tableau pour ce qui est des notes rédigées en classe. Les descriptions des séances magistrales étaient téléversées afin que les étudiants puissent les consulter avant leur déroulement. Le chargé de cours répondait aux questions durant les séances magistrales.</li> <li>• Les étudiants répondaient aux questions posées en classe à l'aide d'un système de réaction en classe (les iclickers) (environ une ou deux/séance magistrale).</li> <li>• Ni les notes entièrement annotées, ni les séances magistrales sous forme de vidéo n'étaient fournies.</li> </ul>
<p><b>Méthode de la salle de classe inversée (2013)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les étudiants devaient regarder une vidéo avant de se présenter à la séance en classe (d'une durée pouvant aller de 15 à 40 minutes, la durée moyenne étant de 25 minutes).</li> <li>• Les leçons sous forme de vidéo traitaient habituellement ce qui suit : a) le volet de motivation/de présentation/des définitions/des dérivations des concepts; b) habituellement un problème en guise d'exemple.</li> <li>• Chaque leçon sous forme de vidéo comportait des interrogations qui étaient insérées (habituellement deux vidéos, toutes les 10 à 15 minutes).</li> <li>• En guise d'incitatif pour regarder les vidéos et répondre aux interrogations avant d'assister à la séance en classe s'y rapportant, la participation comptait pour 7 % de la note dans le cours.</li> <li>• Durant le temps consacré en classe, divers exercices actifs se sont déroulés, dont un exercice de questions et réponses en classe assorti de possibilités d'enseignement par les pairs et d'expériences de résolution des problèmes à titre individuel ou en groupe. Ces exercices s'appuyaient sur les descriptions en classe fournies aux étudiants avant la séance en classe.</li> <li>• Certains des exercices actifs prévoyaient le recours au même système de réaction en classe ayant servi à la cohorte du cours sous sa forme classique. En moyenne, de deux à trois questions de ce type étaient posées à chaque séance en classe.</li> <li>• Durant les exercices, le chargé de cours a circulé dans l'amphithéâtre où une centaine d'étudiants assistaient à la séance en classe, compte tenu du fait que la cohorte était répartie en trois sections magistrales.</li> <li>• À la suite d'une période d'activité, dont la durée était habituellement de 3 à 10 minutes, le chargé de cours passait en revue ou présentait en résumé les solutions aux problèmes au</li> </ul>

	<p>groupe complet d'étudiants, en se servant d'une tablette informatique plutôt que du tableau.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• On fournissait aux étudiants, pour fins de révision après chaque séance en classe, une nouvelle version de la séance magistrale sous forme de vidéo des discussions en résumé par le chargé de cours.</li><li>• Un forum de discussion en ligne<sup>2</sup> a servi à appuyer l'apprentissage des étudiants tout au long du cours. Au moyen de cet outil, les étudiants ont pu poser des questions, obtenir les réponses à ces questions, et répondre aux questions posées par d'autres étudiants à l'extérieur de la séance en classe.</li></ul>
--	---

## 2 Modèle de recherche

Aux fins de l'étude de recherche, nous avons adopté un modèle quasi-expérimental de deux ans où interviennent un groupe témoin et un groupe étudié. Ce modèle était structuré de telle sorte que le cours serait donné sous sa forme classique à la session d'hiver de la première année (2012) de l'étude. L'année suivante (2013), toujours à la session d'hiver, le même chargé de cours en assumerait l'enseignement à l'aide de la méthode de la salle de classe inversée, auprès d'une nouvelle cohorte d'étudiants ayant mené à bien le même ensemble d'évaluation ayant trait à l'étude de recherche. Tous les étudiants inscrits au cours étaient invités à prendre part à l'étude. Plusieurs outils d'évaluation étaient mis en place durant l'une et l'autre des années (voir le tableau 2). Le bureau d'éthique de la recherche de l'Université de Toronto a avalisé le protocole d'éthique de la recherche.

### Justification

Voici les raisons pour lesquelles les auteurs ont choisi délibérément d'appliquer l'intervention à toute la cohorte durant tout le cours, plutôt qu'à un sous-ensemble de la cohorte ou à une partie du cours.

Premièrement, il était prévu que les étudiants et le chargé de cours auraient besoin de temps pour s'habituer à la nouvelle méthode d'enseignement et d'apprentissage. Aucun des étudiants n'avait déjà fait l'expérience de la méthode de la salle de classe inversée, laquelle constituait une transition considérable de leur méthode d'apprentissage. Par conséquent, un modèle d'étude axé strictement sur l'application de la méthode à une partie du cours n'aurait pas donné assez de temps pour une adaptation complète à la nouvelle méthode d'enseignement.

Deuxièmement, dans un modèle par sous-groupes, certains étudiants du groupe témoin auraient vraisemblablement pu avoir accès aux ressources supplémentaires liées à la méthode de la salle de classe

---

<sup>2</sup> L'outil *Coursepeer* (<http://www.coursepeer.com/>) (site en anglais seulement) a servi à la mise en œuvre de la méthode de la salle de classe inversée. À l'aide de ce système, il est possible d'héberger des vidéos, de donner des interrogations intégrées, de téléverser des questions en ligne ainsi que de répondre dans le forum de discussion.

inversée, de sorte qu'il aurait été compliqué de discerner les différences entre les deux groupes qui résultent de la méthode de la salle de classe inversée.

Troisièmement, puisqu'il s'agissait d'un cours de deuxième année donné à la deuxième session d'un programme dont le cursus est fixe durant les deux premières années, il était à prévoir que les principales caractéristiques d'intérêt des deux cohortes, comme le rendement scolaire préalable, les styles d'apprentissage et le rendement à un test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement seraient très semblables. Nous avons mis cette hypothèse à l'essai dans l'analyse de nos données pour constater que les données permettaient d'appuyer celle-ci (voir les résultats au tableau 2.)

Néanmoins, parce qu'une année séparait le groupe témoin du groupe étudié, leurs caractéristiques et expériences d'apprentissage respectives dans d'autres volets du programme risquaient d'occasionner des facteurs de confusion quant aux résultats de l'étude.

### Collecte et mesures des données

Au total, nous avons recueilli 12 ensembles de données auprès des deux cohortes d'étudiants. Les ensembles de données sont regroupés selon les catégories suivantes.

- 1) *Les caractéristiques des étudiants* : le rendement scolaire préalable et le style d'apprentissage.
- 2) *Les comportements des étudiants* : des questions sur la présence des étudiants aux séances magistrales, leur comportement quant au visionnement des leçons sous forme de vidéo et leur participation dans l'enquête de fin de session et les groupes de discussion.
- 3) *Les perceptions et l'évaluation des étudiants quant à l'enseignement* : les réponses des étudiants face à la démarche d'enseignement, obtenues par des questions dans l'enquête de fin de session et les groupes de discussion, de même que les évaluations officielles des cours donnés par le corps professoral.
- 4) *Les évaluations de l'apprentissage des étudiants* : l'inventaire de concepts – des tests avant et après l'enseignement, des interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, les notes finales dans le cours et un test sur la mémorisation des concepts à long terme.
- 5) *L'autoefficacité* : des questions sur l'autoefficacité dans l'enquête de fin de session.

Les descriptions détaillées de ces ensembles de données figurent par ordre chronologique d'après le calendrier approximatif de collecte de données au tableau A-1, dans l'annexe A.

### Exemple de profils

Au total, 310 et 338 étudiants se sont inscrits au cours en 2012 et en 2013, respectivement. Tant en 2012 qu'en 2013, environ 3 % des étudiants inscrits n'ont pas mené le cours à bien. Cette situation s'est traduite par un total de 299 et de 329 étudiants dans les cohortes de 2012 et de 2013 qui ont fait partie de nos fichiers de données.

Le tableau 2 révèle le sommaire des statistiques descriptives des grandes variables dans la présente étude relativement aux deux cohortes. Afin d'examiner la comparabilité des deux cohortes d'étudiants, nous avons comparé les indicateurs suivants : a) le rendement scolaire préalable; b) la répartition des styles d'apprentissage; c) les notes du test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement. Aucune différence statistiquement significative n'a été constatée quant à ces indicateurs. Voilà qui porte à croire que les deux cohortes d'étudiants étaient comparables au chapitre de la capacité scolaire avant de suivre le cours, de leurs styles d'apprentissage et de leurs connaissances préalables propres au cours. Les données tirées de ces deux cohortes étaient donc comparables aux fins de la présente étude.

Chez l'une et l'autre des cohortes d'étudiants, les profils de préférence des styles d'apprentissage étaient relativement similaires<sup>3</sup> : un peu plus de la moitié des étudiants privilégiaient un apprentissage réfléchi plutôt qu'actif; environ les deux tiers des étudiants étaient axés sur l'apprentissage par l'exploration plutôt que par l'intuition; à peu près 80 % des étudiants apprenaient en mode visuel plutôt qu'auditif; et près de 60 % des étudiants apprenaient de façon séquentielle plutôt que globale. De telles répartitions s'apparentent beaucoup aux autres données déclarées par les étudiants en génie, exception faite d'une différence notable dans la répartition entre apprentissage réfléchi et actif, laquelle s'établit en moyenne à environ 35 %/65 % chez les étudiants en génie [Felder et Brent (2005)].

**Tableau 2 : Sommaire des statistiques descriptives des grandes variables**

Variables	Définitions et mesures	Cohorte, classique (2012)		Cohorte, inversée (2013)	
		<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %	<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %
<i>Rendement scolaire préalable</i>	Moyenne des notes en pourcentage des 15 premiers cours menés à bien par les étudiants durant les trois premières sessions du programme. Mesurer le rendement scolaire avant que les étudiants suivent le cours.	151	73,4 (9,30)	203	73,7 (9,36)
<i>Styles d'apprentissage</i>	Réfléchi (comparativement à actif) Par l'intuition (comparativement à par l'exploration) Auditif (comparativement à visuel) Global (comparativement à séquentiel)	266	52,6 % 39,9 % 20,7 % 40,2 %	280	57,1 % 37,5 % 18,9 % 38,2 %
<i>Présence aux séances magistrales</i>	Pourcentage de présence à ces séances Mesurer la participation scolaire des étudiants	299	59,8 (24,9)	326	59,5 (27,5)

<sup>3</sup> Une courte description de ces références en matière d'apprentissage figure à l'annexe B.

Variables	Définitions et mesures	Cohorte, classique (2012)		Cohorte, inversée (2013)	
		<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %	<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %
<i>Leçons sous forme de vidéo regardées</i>	Pourcentage des leçons sous forme de vidéo regardées à au moins 70 % par l'étudiant avant d'assister à la séance magistrale connexe	s.o.		329	56,6 (11,5)
<i>Notes au test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement</i>	Notes en pourcentage au test avant l'enseignement Mesurer la compréhension conceptuelle de la matière du cours par les étudiants au début du cours	287	46,3 (15,5)	316	46,6 (15,3)
<i>Notes au test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement</i>	Notes en pourcentage au test après l'enseignement Mesurer la compréhension conceptuelle de l'étudiant à la fin du cours	286	51,5 (19,0)	314	50,5 (18,3)
<i>Progression de la note obtenue dans l'inventaire des concepts</i>	Progression de la note obtenue d'après les 14 questions répétées dans les évaluations au test avant et au test après. Mesurer la différence de compréhension conceptuelle chez l'étudiant entre le début et la fin du cours. Le calcul de la progression est fondé sur la formule de Hake [Hake (1998)] : $\text{Progression} = \frac{\text{Notes au test après} - \text{Notes au test avant}}{100 - \text{Notes au test avant}}$ On peut ainsi mesurer l'amélioration chez l'étudiant quant aux 14 éléments communs au test avant et au test après en guise de pourcentage par rapport à l'amélioration possible maximale.	276	18,5 (48,7)	297	13,3 (41,9)
<i>Capacités de résolution de problèmes analytiques</i>	Moyenne des résultats aux quatre interrogations en classe des élèves ayant passé ces quatre interrogations. La note maximale de chaque interrogation est 10. Mesurer les capacités de résolution de problèmes analytiques chez les étudiants.	129	4,65 (1,79)	114	6,20 (1,75)***
<i>Confiance relativement aux capacités de résolution de problèmes analytiques</i>	Moyenne des notes des évaluations du niveau de confiance chez les étudiants ayant passé les quatre interrogations. L'échelle va de 1 à 10.	129	3,47 (1,44)	114	4,60 (1,71)***

Variables	Définitions et mesures	Cohorte, classique (2012)		Cohorte, inversée (2013)	
		<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %	<i>n</i>	Moyenne (ET) ou %
	Mesurer la confiance déclarée par les étudiants quant à la résolution de certains problèmes.				
<i>Enquête de fin de session auprès des étudiants<sup>4</sup></i>	Les données de l'enquête ont mesuré : 1) la satisfaction des étudiants envers le cours; 2) la perception par l'étudiant de la fréquence et de la qualité des rapports entre les étudiants et le corps professoral; 3) la participation des étudiants; 4) le sentiment de confiance en soi chez les étudiants (c.-à-d. l'autoefficacité) quant au cours et aux études en génie.	167	-	177	-
<i>Rendement scolaire dans le cours</i>	Notes finales des étudiants dans le cours sous forme de pourcentage	299	70,4 (13,7)	329	73,4*** (13,1)
<i>Mémorisation des concepts à long terme</i>	Notes en pourcentage obtenues au test de mémorisation des concepts à long terme. Mesurer chez les étudiants la mémorisation à long terme de la compréhension conceptuelle de la matière du cours.	69	45,8 (13,8)	51	45,5 (18,3)

\*\*\*  $p < 0,001$

4 Il s'agit de l'outil utilisé dans la collecte de données. Les détails à ce chapitre figurent au tableau A-1 de l'annexe A. Les statistiques descriptives des questions de l'enquête sont relatées à la section 3.1. Une copie de l'outil se trouve dans l'annexe E.

## 3 Analyse des données et résultats

La présente section comporte deux parties; chacune prête attention à l'une des deux questions de recherche et présente un sommaire en conclusion.

### 3.1 Question de recherche n° 1 : les comportements et les perceptions des étudiants

*Quels sont les **comportements** et les **perceptions des étudiants** ayant trait à la méthode de la salle de classe inversée?*

Pour répondre à cette question de recherche, nous avons structuré nos constatations selon trois secteurs :

- 1) Les leçons sous forme de vidéos regardées, la présence en classe et la participation en lien avec la méthode de la salle de classe inversée.
- 2) Les expériences en classe : les rapports entre les étudiants et le corps professoral et les possibilités accrues de participation quant à la matière du cours.
- 3) Les perceptions des étudiants quant à la méthode de la salle de classe inversée.

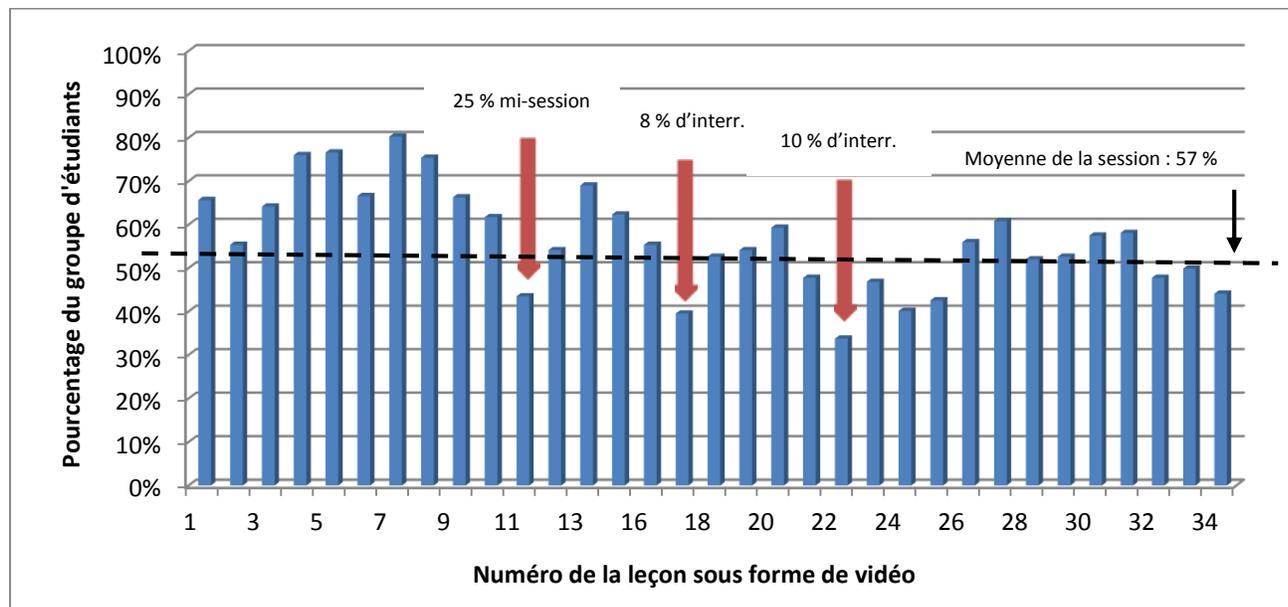
En guise de conclusion à la présente section, nous présentons un sommaire et quelques analyses de nos constatations relativement à la question de recherche.

*Les leçons sous forme de vidéos regardées, la présence en classe et la participation en lien avec la méthode de la salle de classe inversée*

*Leçons sous forme de vidéo regardées*

À titre d'élément crucial de la méthode de la salle de classe inversée au moment de son instauration dans le cadre de la présente étude, on attendait des étudiants qu'ils regardent une courte leçon sous forme de vidéo avant de se présenter à chaque séance en classe. Le graphique 3 montre le pourcentage des étudiants ayant regardé au moins 70 % des leçons connexes sous forme de vidéo avant les séances en classe s'y rapportant, et ce, pour chacune des 34 séances en classe. En moyenne, durant la session, on a constaté qu'environ 57 % des élèves dans la cohorte de la salle de classe inversée se préparaient de cette façon avant la tenue des séances en classe. Comme le graphique le révèle, il y a une divergence marquée d'une séance en classe à l'autre quant au pourcentage d'étudiants ayant regardé la leçon sous forme de vidéo avant la séance en classe; la fourchette des pourcentages va de 34 % à 80 %, et la moyenne se situe à 57 %.

**Graphique 2 : Pourcentage des étudiants ayant regardé au moins 70 % des leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe s'y rapportant**



Que les étudiants aient eu recours aux leçons sous forme de vidéo avant d'assister à la séance magistrale semblé se rapporter à leur charge de travail globale au cours d'une semaine donnée. Comme le montre le graphique 3, trois des valeurs les plus faibles ont coïncidé avec la tenue d'un examen de mi-session (25 %) ainsi que de deux interrogations (8 % et 10 %), en des périodes où la charge de travail des étudiants était passablement plus lourde dans les quatre autres cours. Cette constatation est partagée par les étudiants dans les séances des groupes de discussion (GD) :

*J'ai tenté de regarder les vidéos le plus fréquemment possible. Mais dès qu'on tombe dans une semaine occupée au début des examens de mi-session, le nombre de vidéos regardées ne peut que régresser; pour ma part, j'ai regardé chacune des vidéos, puis plus rien pendant un certain temps. [GD1]*

*Dès le début de l'examen de mi-session, on prend du retard dans chaque cours, mais ni les séances magistrales, ni la matière traitée ne ralentissent... il serait peut-être bénéfique que, durant la période des examens de mi-session, les vidéos soient plus courtes et que la matière soit davantage traitée en classe, parce que même dans les cas où on est coincé par l'obligation d'étudier en vue d'un examen de mi-session le lendemain, il n'y a pas d'incitatif à regarder une vidéo si on peut assister aux séances en classe pour y saisir les concepts importants. [GD1]*

Certes, un autre facteur ayant nui au visionnement des vidéos était, dans certains cas, le téléversement de ces vidéos seulement le jour précédant la séance en classe connexe, de sorte que les étudiants ne disposaient pas d'assez de temps pour les regarder. Cette situation a été formulée dans les données des

groupes de réflexion. Un tel retard dans la prestation de l'enseignement s'explique par le fait que le chargé de cours enseignait pour la première fois selon le modèle de la salle de classe inversée, et que les leçons sous forme de vidéo étaient créées quotidiennement durant la deuxième moitié du cours. Un nombre restreint d'étudiants ont également admis dans les groupes de discussion qu'ils ne déployaient pas suffisamment d'efforts pour regarder les vidéos :

*Je démarrais la vidéo, j'allais prendre une douche, je revenais, puis je cliquais sur la vidéo, je faisais les interrogations, pour ensuite simplement enregistrer le tout et vaquer à d'autres occupations. Bien des gens ont fait cela. Je le sais. [GD1]*

Néanmoins, à la question « Lorsque j'ai regardé les leçons sous forme de vidéo, j'ai habituellement : » dans l'enquête de fin de session, seuls 9 % des étudiants ont choisi la réponse « Je n'ai pas tellement prêté attention à la vidéo pendant qu'elle jouait ».

#### *Présence en classe*

Les tendances quant à la présence en classe chez la cohorte du cours sous sa forme classique et la cohorte de la salle de classe inversée étaient essentiellement les mêmes. Autrement dit, en moyenne, les étudiants de l'une et l'autre des cohortes étaient présents à 60 % des séances en classe, pendant que 66 % des étudiants de la cohorte du cours sous sa forme classique et 63 % de celle de la salle de classe inversée ont assisté à plus de la moitié des séances de classe. Voilà qui porte à croire que l'adoption de la méthode de la salle de classe inversée intervient modestement dans l'accroissement de la présence en classe des étudiants.

#### *Lien entre la présence en classe et les leçons regardées sous forme de vidéo*

Pour bien comprendre le lien entre les leçons regardées sous forme de vidéo avant la séance en classe et la présence en classe, nous avons procédé à deux tests. Nous avons constaté une corrélation significative de  $r = 0,62$ ,  $p < 0,001$  entre ces deux variables. Le test d'indépendance chi-carré s'est également révélé significatif –  $\chi^2(9, N = 326) = 154,01$ ,  $p < 0,0001$  – ce qui montre que ces deux variables sont liées. Le tableau 3 présente le sommaire de ce lien en révélant le nombre d'étudiants qui, dans la cohorte de la salle de classe inversée, pouvaient faire partie de 16 combinaisons possibles quant aux leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classe et la présence en classe. À partir de cet état de choses, il est possible de constater que les étudiants les plus présents en classe avaient tendance à regarder une proportion supérieure des leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe.

La corrélation entre les leçons regardées sous forme de vidéo et la présence en classe est également perceptible dans les commentaires des étudiants :

*Dès le départ, j'ai senti la nécessité de comprendre ce qui se déroule dans les vidéos; or, si j'assiste aux séances magistrales, je suis alors en mesure de comprendre de quoi il retourne. [GD2]*

*On ne sait pas ce qui se déroule dans les leçons, de sorte qu'on n'assiste plus aux séances magistrales. Pendant que le chargé de cours enseigne, nous dormons. [GD1]*

*Certains étudiants ne regardent pas les vidéos avant les séances en classe, d'où leur confusion. Voilà pourquoi ils ont tendance à ne pas assister non plus aux séances magistrales. [GD3]*

*Je ne pouvais regarder la leçon sous forme de vidéo; j'ai donc pensé que le fait d'assister à la séance magistrale ne me serait pas utile, car je n'étais pas en mesure de comprendre pendant une heure. [Réponse à une question ouverte de l'enquête à propos de la principale raison pour laquelle les étudiants n'ont pas assisté aux séances magistrales].*

L'une des préoccupations initiales quant à la méthode de la salle de classe inversée se rapportait aux retombées éventuellement négatives du manque de préparation en lien avec les leçons sous forme de vidéo regardées sur la présence en classe. Les résultats susmentionnés montrent que le risque de telles retombées existe bel et bien.

#### *Participation à la méthode de la salle de classe inversée*

Le tableau 3 révèle que seulement 3 % de la cohorte de la salle de classe inversée avaient assisté à la majorité des séances en classe, mais que ces étudiants *ne s'y étaient pas* préparés au préalable (c'est-à-dire, avoir regardé moins de 50 % des leçons sous forme de vidéo avant la séance en classe). Fait intéressant, ce tableau donne également un bon aperçu du nombre d'étudiants ayant participé activement à la méthode de la salle de classe inversée, suivant l'utilisation prévue au départ. Le tableau révèle que seul le cinquième de la cohorte (21 %) s'est investi activement dans la méthode de la salle de classe inversée conformément à sa conception, ce qui signifie que ces étudiants ont assisté à au moins 75 % des séances en classe et s'y sont présentés après s'être préparés aux possibilités d'apprentissage actif au moins 75 % du temps; les étudiants ont, à 51 %, assisté aux séances en classe et regardé les leçons sous forme de vidéo au moins 50 % du temps. Par contre, 22 % des étudiants ont plus ou moins pris part à ce processus, ce qui signifie qu'ils ont participé moins de 50 % du temps à l'une et l'autre des catégories.

**Tableau 3 : Lien entre la présence en classe et les leçons regardées sous forme de vidéo**

Leçons regardées sous forme de vidéo	Présence en classe				Pourcentage de la cohorte	n (étudiants ayant regardé)
	En deçà de 25 %	25 % à 49 %	50 % à 74 %	75 % et au-delà		
En deçà de 25 %	6 %	2 %	2 %	1 %	12 %	40
25 % à 49 %	5 %	9 %	8 %	3 %	25 %	82
50 % à 74 %	2 %	6 %	14 %	12 %	34 %	112
75 % et au-delà	0 %	3 %	4 %	21 %	28 %	92
Pourcentage de la cohorte	13 %	21 %	29 %	38 %	100 %	
n (présence)	42	67	94	123		326

Remarque : Les pourcentages déclarés dans le présent tableau correspondent aux proportions des 326 étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée.

### *Expériences en classe*

#### *Rapports entre les étudiants et le corps professoral*

Dans la présente étude, nous n'avons mesuré directement ni la fréquence, ni la qualité des rapports entre les étudiants et le corps professoral. Nous avons plutôt évalué les perceptions des étudiants relativement à ces rapports. Pour ce faire, nous avons posé trois questions se rapportant au moment et à l'endroit où ces rapports avaient lieu, à la fréquence de ces rapports de même qu'à la satisfaction des étudiants quant au niveau particulier des rapports entre les étudiants et le corps professoral. Les résultats découlant de ces trois questions figurent ci-après dans les tableaux 4, 5 et 6.

Le tableau 4 révèle que les étudiants entretenaient avec le chargé de cours des rapports d'une fréquence nettement plus élevée durant les séances de cours et immédiatement après celles-ci aux termes du modèle de la salle de classe inversée et qu'ils étaient davantage satisfaits des rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe que les étudiants au sein du modèle sous sa forme classique. Toutefois, nous n'avons pas décelé de différences statistiquement significatives entre les deux cohortes quant à la satisfaction globale envers les rapports entre les étudiants et le corps professoral.

Tableau 4 : Comparaisons des rapports entre les étudiants et le corps professoral

	Cohorte, classique		Cohorte, inversée	
	<i>n</i>	Moyenne (ET)	<i>n</i>	Moyenne (ET)
<b>Fréquence de ces rapports (sur 6)</b>				
Durant les séances de classe	165	1,88 (1,33)	172	2,59*** (1,48)
Immédiatement après les séances de classe	165	1,79 (1,07)	174	2,06* (1,22)
Durant les heures de bureau du chargé de cours	165	1,62 (1,00)	172	1,23*** (0,53)
À l'extérieur des séances de classe (p. ex., conversation dans le corridor)	165	1,54 (0,97)	174	1,59 (0,93)
<b>Satisfaction envers ceux-ci (sur 5)</b>				
Durant les séances en classe	154	3,55 (0,81)	170	3,91** (0,92)
Immédiatement après les séances de classe	155	3,57 (0,86)	170	3,68 (0,91)
Durant les heures de bureau du chargé de cours	156	3,55 (0,86)	162	3,41 (0,85)
À l'extérieur des séances de classe (p. ex., conversation dans le corridor)	154	3,47 (0,81)	165	3,5 (0,82)
<b>Pertinence perçue de ceux-ci (sur 4)</b>				
Dans l'ensemble, le niveau de mes rapports personnels avec le chargé du cours ECE221 cette session-ci était :	152	2,40 (1,02)	168	2,55 (0,96)

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Le tableau 5 révèle que le nombre d'étudiants n'ayant *jamais* entretenu de rapports avec le chargé de cours *durant les séances en classe* a régressé, pour passer de 54 % dans le modèle sous sa forme classique à 25 % aux termes du modèle de la salle de classe inversée. Les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont relaté, à 31 %, avoir entretenu des rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe « environ une fois/semaine », « deux à trois fois/mois » ou « environ une fois/mois » comparativement à 14 % des étudiants de la cohorte du modèle sous sa forme classique.

Tableau 5 : Fréquence des rapports des étudiants avec le chargé de cours

<b>Question : Songez à vos rapports personnels avec le chargé du cours ECE221 cette session-ci. Précisez la fréquence de vos rapports avec ce chargé de cours dans les situations suivantes :</b>	<b>Jamais</b>	<b>Quelques fois durant la session</b>	<b>Environ une fois par mois</b>	<b>Deux à trois fois par mois</b>	<b>Environ une fois par semaine</b>	<b>Plus d'une fois par semaine</b>
<b><i>Cohorte, classique</i></b>						
Durant les séances de classe	53,9 %	27,9 %	6,1 %	4,2 %	3,6 %	4,2 %
Immédiatement après les séances de classe	50,3 %	34,5 %	4,8 %	6,1 %	4,2 %	0,0 %
Durant les heures de bureau du chargé de cours	60,6 %	27,3 %	4,2 %	5,5 %	1,8 %	0,6 %
À l'extérieur des séances de classe (p. ex., conversation dans le corridor)	66,7 %	22,4 %	4,8 %	3,0 %	2,4 %	0,6 %
<b><i>Cohorte, inversée</i></b>						
Durant les séances de classe	25,0 %	39,0 %	8,1 %	12,8 %	10,5 %	4,7 %
Immédiatement après les séances de classe	42,0 %	31,6 %	10,9 %	10,3 %	4,0 %	1,1 %
Durant les heures de bureau du chargé de cours	82,0 %	12,8 %	5,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
À l'extérieur des séances de classe (p. ex., conversation dans le corridor)	60,9 %	27,6 %	6,3 %	2,9 %	1,7 %	0,6 %

Le tableau 6 révèle que 69 % des étudiants ont exprimé de la satisfaction quant à leurs rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe aux termes du modèle de la salle de classe inversée, comparativement à 49 % des étudiants dans la méthode classique [ $X^2(2, N = 324) = 21,21, p < 0,0001$ ]. Les étudiants devaient également indiquer le degré de pertinence de leurs rapports avec le corps professoral. Chez les étudiants ayant fait leur apprentissage selon le modèle de la salle de classe inversée, 55 % ont jugé que ces rapports étaient « très pertinents » ou « pertinents », contre 42 % des étudiants de la cohorte du cours sous sa forme classique [ $X^2(3, N = 320) = 9,29, p = 0,03$ ].

Tableau 6 : Satisfaction des étudiants envers leurs rapports avec le chargé de cours

<b>Question : Songez à vos rapports personnels avec le chargé du présent cours, puis précisez votre satisfaction quant au niveau des rapports dans les situations suivantes :</b>	<b>Insatisfait ou très insatisfait</b>	<b>Ni satisfait, ni insatisfait</b>	<b>Satisfait ou très satisfait</b>
<b>Cohorte, classique</b>			
Durant les séances de classe	6,5 %	44,2 %	<b>49,4 %</b>
Immédiatement après les séances de classe	5,8 %	45,8 %	48,4 %
Durant les heures de bureau du chargé de cours	6,4 %	48,1 %	45,5 %
À l'extérieur des séances de classe	4,5 %	57,1 %	38,3 %
<b>Cohorte, inversée</b>			
Durant les séances de classe	4,7 %	25,9 %	<b>69,4 %</b>
Immédiatement après les séances de classe	5,9 %	38,2 %	55,9 %
Durant les heures de bureau du chargé de cours	6,2 %	56,2 %	37,7 %
À l'extérieur des séances de classe	5,5 %	49,7 %	44,8 %

Les constatations à propos des rapports entre les étudiants et le corps professoral sont également appuyées par certaines des données qualitatives. En réponse à la question « En ce qui touche votre assimilation de la matière du cours, quel a été l'aspect le plus utile de votre expérience en classe (c.-à-d., les séances magistrales)? » posée dans l'enquête de fin de session menée auprès des étudiants, certains d'entre eux ont formulé des commentaires positifs sur la qualité du milieu de ces rapports durant les séances en classe, ce qui leur a permis d'obtenir une rétroaction ponctuelle par rapport à leurs questions. Parmi les commentaires de la cohorte de la salle de classe inversée, il y avait ceux-ci :

*Le fait de pouvoir poser des questions et d'obtenir les réponses sur-le-champ. Cette façon de faire facilite la mise en lien étroite de la réponse avec l'ensemble des détails entourant la question.*

*Les rapports étaient plus soutenus, et davantage axés sur la révision de la matière déjà enseignée à partir des vidéos.*

*Les rapports que le chargé de cours entretenaient avec les étudiants, c.-à-d., ne pas passer tout son temps à écrire au tableau et à montrer des expériences.*

De plus, les commentaires pertinents des étudiants dans les séances des groupes de discussion de la cohorte de la salle de classe inversée étaient les suivants :

*Le chargé de cours n'est pas coincé à proximité du tableau, contrairement aux autres qui pour la plupart passent leur temps à écrire au tableau pendant qu'ils enseignent. Il se déplace et lorsqu'il pose de petites questions, il circule dans la salle, à la recherche de gens pour lui poser des questions. Si l'étudiant a des questions, il s'approchera de ce dernier et en discutera avec lui individuellement ou en petit groupe, ce qui crée un lien entre les étudiants et le chargé de cours, de sorte que les étudiants se sentent davantage à l'aise pour poser des questions. Voilà qui est bien! [GD1]*

*Durant la session précédente, je n'avais pas établi de rapports avec le chargé de cours. Cette session-ci, par contre, je l'ai fait. Une fois par semaine. De fait, j'ai tenté de lever ma main pour tenter de répondre à certaines questions. [GD3] (commentaire d'un étudiant qui avait suivi le cours en 2012 et qui l'a suivi de nouveau en 2013).*

#### *Possibilités accrues de participation quant à la matière du cours*

L'un des grands avantages que présente la méthode de la salle de classe inversée est qu'elle procure au chargé de cours une souplesse accrue quant à l'utilisation des séances en face à face avec les étudiants. Tant en ce qui concerne la cohorte du modèle classique que celle de la salle de classe inversée, beaucoup de temps était consacré en classe aux exposés et aux discussions sur le lien entre la matière du cours et les récentes innovations technologiques et la recherche de pointe. Toutefois, pour ce qui est de la cohorte de la salle de classe inversée, la gamme des exposés et exemples de mise en application était élargie parce que davantage de temps était consacré aux exercices pratiques.

En effet, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont semblé apprécier davantage le cours que ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique. Lorsque les étudiants devaient classer par ordre de préférence les cinq cours suivis durant la session, dans le cadre de l'enquête de fin de session, 78 % des étudiants de ceux de la cohorte de la salle de classe inversée ont classé le cours à l'étude, ECE221, parmi leurs trois cours préférés, par opposition à 66 % de ceux de la cohorte du modèle classique [ $\chi^2(4, N = 340) = 11,95, p = 0,02$ ]. De plus, l'évaluation faite de l'énoncé « Dans l'ensemble, j'ai aimé suivre ce cours » par la cohorte de la salle de classe inversée [ $M_{inv} = 5,05; ET = 1,53$ ] était supérieure à celle de la cohorte du modèle classique [ $M_{cla} = 4,81; ET = 1,61$ ], bien que la différence n'ait pas été statistiquement significative, [ $t(341) = 1,40; p = 0,16$ ]. Il vaut la peine de signaler un tel résultat parce qu'au cours des deux années durant lesquelles l'étude s'est déroulée, il n'y avait pas eu de changements importants quant aux cinq cours suivis par les étudiants durant cette session-là.

En outre, les résultats ayant trait aux questions pertinentes dans l'enquête officielle d'évaluation des cours de la faculté, répertoriés au tableau 7, montrent que les évaluations faites par la cohorte de la salle de classe inversée quant à son enthousiasme à la fin du cours étaient nettement plus élevées que celles relatées par la cohorte du modèle [ $M_{inv} = 4,40; ET = 1,52; M_{cla} = 3,93; ET = 1,76; t(235) = 2,19, p = 0,03$ ]. Voilà qui porte à croire que les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont apprécié davantage la matière du cours, ce qui a pu influencer sur leur enthousiasme général envers le cours. À la question « Compte tenu de votre expérience dans le cours, nonobstant l'obligation de suivre celui-ci pour réussir le programme ou obtenir le grade, auriez-vous néanmoins suivi ce cours? », 65 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont répondu « Oui », contre seulement 54 % de ceux de la cohorte du modèle classique, quoique cette différence n'ait pas été statistiquement significative.

**Tableau 7 : Questions de l'évaluation officielle des cours de la faculté quant à l'intérêt envers la matière et l'utilité de l'expérience d'apprentissage**

Questions d'évaluation (selon une échelle de 7 points)	Cohorte, classique			Cohorte, inversée		
	<i>n</i>	Moyenne	ET	<i>n</i>	Moyenne	ET
Votre niveau d'enthousiasme à l'idée de suivre ce cours, au moment de vous y inscrire.	109	4,28	1,52	132	4,20	1,39
Votre niveau d'enthousiasme, maintenant que vous avez mené le cours à bien	107	3,93	1,76	130	4,40*	1,52
Utilité de l'expérience globale d'apprentissage	108	4,56	1,16	131	4,71	1,16
Intérêt intrinsèque envers la matière	105	4,36	1,47	128	4,73	1,52

\*  $p < 0,05$

Les étudiants ont également jugé que les outils pédagogiques comme les exposés et les vidéoclips étaient intéressants, et il est possible que ces outils aient contribué à accroître la motivation des étudiants à apprendre, sans toutefois contribuer directement à leurs résultats d'apprentissage. Comme l'ont commenté les étudiants dans les séances des groupes de discussion :

*J'estime que ces outils sont certainement utiles, parce que je ne m'intéressais pas vraiment à ce cours de prime abord et les outils auront certainement contribué à accroître mon intérêt envers celui-ci. Même si nous ne savons pas ce qui se passe, ces outils nous plaisent et nous incitent ensuite à nous investir davantage pour comprendre ce qui se passe. [GD1]*

*Les outils me donnent un aperçu global. Ils m'aident à comprendre le fonctionnement concret dans la réalité. D'après moi, les leçons sous forme de vidéo s'en trouvent bonifiées. Tout cela a rapport avec la réalité concrète. [GD3]*

*Les outils étaient effectivement captivants, mais ils ne nous aident pas à résoudre les problèmes. [GD1]*

### **Perceptions quant à la méthode de la salle de classe inversée**

Le tableau 8 révèle la perception des étudiants quant à la méthode de la salle de classe inversée comparativement à la démarche d'enseignement sous sa forme classique. Ce tableau porte à croire que lorsque la démarche de la salle de classe inversée est employée, plus de 70 % des étudiants perçoivent positivement le milieu d'apprentissage propice à un appui (Q27 et Q28), pendant que près de la moitié des étudiants estiment que leurs expériences en classe sont positives (questions 23, 24, 25, 29 et 30). Fait particulier, 48 % des étudiants sont d'accord ou fortement d'accord avec l'énoncé suivant : « Dans l'ensemble, la méthode de la salle de classe inversée m'a permis de consacrer efficacement mon temps à l'approfondissement de ma compréhension de la matière du cours ». Toutefois, seuls 35 % des étudiants ont estimé que cette méthode atténuait leur cycle habituel de « bourrage de crâne » dans la préparation aux grandes évaluations. Le pourcentage appréciable (allant de 25 % à 38 %) d'étudiants en désaccord avec les énoncés à ce sujet révèle que la technique n'était pas efficace pour tous les étudiants, ou pas appréciée par ces derniers.

**Tableau 8 : Perceptions quant à la méthode de la salle de classe inversée**

Après la mise en comparaison de la « méthode de la salle de classe inversée » du cours ECE221 avec la démarche magistrale « classique » utilisée dans d'autres cours...	<i>n</i>	Moyenne * (ET)	En désaccord ou fortement en désaccord	Ni d'accord, ni en désaccord	D'accord ou fortement d'accord
Q28 : J'estime avoir eu la possibilité d'obtenir des réponses à toutes mes questions au sujet de la matière (c.-à-d. en classe, avec le chargé de cours, dans CoursePeer, etc.).	176	5,22 (1,35)	10,2 %	16,5 %	73,3 %
Q27 : J'estime avoir obtenu tout l'appui nécessaire dans ce cours pour bien assimiler la matière.	177	5,21 (1,54)	12,4 %	17,5 %	70,1 %
Q30 : Dans l'ensemble, la méthode de la salle de classe inversée dans ce cours m'a procuré une expérience d'apprentissage efficace.	177	4,53 (1,73)	25,4 %	19,2 %	55,4 %
Q25 : La méthode de la salle de classe inversée m'a fait apprécier davantage le temps passé en classe.	177	4,53 (1,71)	25,4 %	18,6 %	55,9 %
Q23 : Dans l'ensemble, la méthode de la salle de classe inversée m'a permis de consacrer efficacement mon temps à l'approfondissement de ma compréhension de la matière du cours.	177	4,27 (1,74)	35,0 %	16,9 %	48,0 %
Q24 : La méthode de la salle de classe inversée a rendu le temps passé en classe davantage utile pour approfondir ma compréhension de la matière du cours.	177	4,24 (1,80)	37,9 %	10,7 %	51,4 %
Q29 : Comparativement à la méthode magistrale classique, je préfère la méthode de la salle de classe inversée.	176	4,15 (1,95)	34,7 %	17,0 %	48,3 %
Q26 : Dans la méthode de la salle de classe inversée, je n'ai pas eu à me « bourrer le crâne » ou à me rattraper autant qu'à la normale, avant les tests de session et de mi-session.	177	3,59 (2,03)	52,5 %	12,4 %	35,0 %

\* Selon une échelle de Likert en 7 points, allant de « fortement en désaccord » (1) à « fortement d'accord » (7).

De plus, la cohorte de la méthode classique a attribué à l'énoncé « La méthode magistrale employée par le chargé de cours s'est révélée judicieuse pour m'aider à assimiler la matière du cours » une note plus positive que celle de la cohorte de la salle de classe inversée : 85 % étaient d'accord contre 70 %, et 8 % étaient en désaccord comparativement à 18 % [ $M_{inv} = 5,09$ ;  $ET = 1,55$  et  $M_{cla} = 5,43$ ;  $ET = 1,20$ ;  $t(330) = 2,29$ ;  $p = 0,02$ ].

En ce qui touche la réaction des étudiants à l'énoncé « Comparativement aux autres cours suivis en deuxième année, la quantité de travail exigée dans ce cours était raisonnable », l'évaluation faite par la cohorte du cours sous sa forme classique [ $M_{\text{cla}} = 4,79$ ;  $ET = 1,52$ ] était légèrement supérieure à celle de la cohorte de la salle de classe inversée [ $M_{\text{inv}} = 4,51$ ;  $ET = 1,59$ ;  $t(340) = 1,65$ ;  $p = 0,10$ ]. La cohorte du cours sous sa forme classique était à 22 % en désaccord avec cet énoncé, comparativement à 32 % de la cohorte de la salle de classe inversée. Voilà qui donne à penser que la méthode de la salle de classe inversée comportait, selon les perceptions, une charge de travail plus lourde pour une partie de la cohorte de la salle de classe inversée, étant donné que les autres composantes de la charge de travail du cours sont demeurées les mêmes entre les deux années.

Dans l'enquête de fin de session, six questions avaient trait aux perceptions des étudiants quant aux leçons sous forme de vidéo, une composante fondamentale du modèle de la salle de classe inversée. Comme le révèle le tableau 9, plus de 80 % des étudiants étaient d'accord ou fortement en désaccord avec l'énoncé selon lequel les leçons sous forme de vidéo permettaient une bonne initiation aux principaux concepts traités dans le cours et une bonne préparation aux séances magistrales subséquentes. Autrement dit, les leçons sous forme de vidéo sont intervenues tel que prévu dans la méthode de la salle de classe inversée.

En ce qui concerne les caractéristiques des leçons sous forme de vidéo, 62 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée considéraient celles-ci comme intéressantes, pendant 39 % estimaient que leur durée était appropriée. Les données tirées de l'enquête de suivi auprès des étudiants et des groupes de discussion semblent indiquer que de nombreux étudiants en désaccord avec cet énoncé jugeaient que les leçons auraient dû être d'une durée inférieure à la moyenne de 25 minutes.

**Tableau 9 : Perceptions quant aux leçons sous forme de vidéo**

Veuillez préciser dans quelle mesure vous êtes d'accord ou en désaccord avec les énoncés suivants à propos des leçons sous forme de vidéo	<i>n</i>	Moyenne* (ET)	En désaccord ou fortement en désaccord	Ni d'accord, ni en désaccord	D'accord ou fortement d'accord
Q17 : Les leçons sous forme de vidéo constituent une bonne initiation aux principaux concepts traités dans le cours.	177	5,62 (1,40)	8,5 %	9,0 %	82,5 %
Q18 : Les leçons sous forme de vidéo m'ont bien préparé aux séances magistrales subséquentes.	176	5,44 (1,37)	11,4 %	7,4 %	81,3 %
Q22 : J'ai pu accéder aux vidéos et les regarder sans problème.	176	4,95 (1,68)	21,0 %	13,1 %	65,9 %
Q20 : Les interrogations intégrées aux vidéos m'ont beaucoup aidé à approfondir ma compréhension de la matière du cours.	177	4,88 (1,49)	18,1 %	16,4 %	65,5 %
Q19 : Les leçons sous forme de vidéo étaient intéressantes.	177	4,81 (1,58)	20,9 %	17,5 %	61,6 %
Q21 : La durée des leçons sous forme de vidéo était appropriée.	177	3,85 (1,75)	47,5 %	13,6 %	39,0 %

\* Selon une échelle de Likert en 7 points, allant de « fortement en désaccord » (1) à « fortement d'accord » (7).

À partir des données qualitatives, de nombreux étudiants ont commenté combien il était avantageux d'avoir à leur disposition un ensemble bien structuré de leçons sous forme de vidéo pour « apprendre selon la cadence de son choix » et procéder à des « révisions ultérieurement ». Un participant au groupe de discussion a énoncé ce qui suit :

*À mon sens, comparativement aux séances magistrales de type classique, je suis stimulé par les séances magistrales complexes; j'en tire quelque chose... d'après moi, l'un des véritables avantages c'est d'avoir l'occasion de rejouer la vidéo, d'apprendre selon la cadence de mon choix, ce qui est alors véritablement avantageux parce que mon apprentissage dans ce cours diffère de celui des autres cours. [GD1]*

Dans l'ensemble, certains étudiants ont bel et bien perçu l'utilité de recourir à la méthode de la salle de classe inversée. Comme deux étudiants l'ont commenté dans un groupe de discussion :

*Selon moi, plus les étudiants se penchent sur les concepts et les théories à domicile, plus ils doivent consacrer leur propre temps à bien connaître les concepts et la théorie, après quoi ils peuvent se présenter en classe et exécuter les exemples fournis. [GD1]*

*Voilà une bonne idée, parce qu'on a ainsi l'occasion de bien connaître la matière dans un premier temps. Ensuite, si on a des questions, [le chargé de cours] est présent à la séance magistrale : on peut lui poser toutes les questions nécessaires. C'est nettement préférable à une méthode où, par exemple, on enseigne aux étudiants la matière puis on leur donne sur-le-champ un exemple, sans que les étudiants aient le temps de bien connaître cette matière et de vraiment l'assimiler. [GD1]*

Par contre, la nouvelle méthode pédagogique a exigé des étudiants qu'ils rajustent leurs stratégies d'apprentissage et améliorent leurs compétences en gestion du temps. Le même étudiant qui a formulé les commentaires ci-dessus y est allé de la description suivante quant à la situation :

*Mais le principal défaut, selon moi, c'est que si le travail s'accumule, il faut au bout du compte y consacrer davantage de temps pour demeurer à jour dans les séances magistrales et les leçons, et on a l'impression d'avoir cinq séances magistrales par semaine plutôt que trois. La charge de travail s'en trouve alourdie.*

Un autre étudiant dans le groupe de discussion a formulé les commentaires suivants :

*La moitié des étudiants ne regardent pas toutes les vidéos. D'abord, nous n'avons pas le temps. Avant chaque séance magistrale, ça correspond à 30 minutes. Il arrive que les étudiants soient en mesure de bien gérer leur temps, mais pas tous. Il y a toujours une séance en laboratoire, un projet ou un document essentiel dont il faut s'acquitter dans les meilleurs délais, et il faut malgré tout assister aux séances magistrales. Nous n'avons tout simplement pas le temps de regarder les vidéos. [...] le chargé de cours souhaite nous voir entrer en rapport avec lui. Fournissez-nous la question ou fournissez-nous certaines questions et nous y répondrons; par la suite, nous discutons ensemble du problème, tout le monde en classe. Selon moi, la plupart des étudiants sont tout simplement habitués aux anciennes méthodes pédagogiques. Il leur est difficile de s'adapter aux nouvelles méthodes. [GF4]*

Certains répondants à l'enquête auprès des étudiants ont énoncé clairement qu'ils avaient la méthode de la salle de classe inversée en aversion. Un étudiant a presque poussé un cri à ce sujet : « *QU'ON REVIENNE À LA NORMALE!!!!!!!!!!!!!! J'ai tendance à bien mémoriser ce qui se passe en classe et chaque concept qui y est enseigné, mais il est désormais inutile d'assister aux séances magistrales dans le programme d'études* ».

En outre, nos données semblent indiquer que les perceptions des étudiants sont fonction de leur style d'apprentissage. Certains étudiants, comme celui qui a formulé les commentaires ci-dessus, assimilent mieux la matière dans un milieu magistral sous sa forme classique. D'autres préfèrent la méthode de la salle de classe inversée, comme en témoigne le commentaire suivant formulé dans un groupe de discussion :

*Je suis peu porté sur l'enseignement magistral, de sorte que la méthode de la salle de classe inversée donne de bons résultats dans mon cas [...] Je ne mémorise pas la matière du premier coup : il me faut la comprendre, l'examiner, voir en quoi celle-ci s'applique dans mon cas. [GD1]*

## *Sommaire et interprétation*

En ce qui touche les comportements et les perceptions des étudiants, les données dans la présente section peuvent être résumées comme suit.

### *Comportements des étudiants*

Voici les principales constatations des comportements des étudiants en lien avec la méthode de la salle de classe inversée :

- *La participation à la méthode de la salle de classe inversée* : Environ le cinquième de la cohorte de la salle de classe inversée (21 %) a participé activement à la méthode de la salle de classe inversée par sa présence à au moins 75 % des séances en classe et la préparation à celles-ci en regardant les vidéos au préalable. Environ 50 % du groupe d'étudiants ont assisté à au moins 50 % des séances magistrales après s'y être préparés, tandis que 22 % des étudiants se sont désinvestis du processus par leur défaut de préparation ou leur absence à plus de la moitié des séances en classe. De tels résultats montrent qu'une bonne partie des étudiants n'étaient pas complètement investis dans cette nouvelle méthode d'apprentissage. Il est ressorti des groupes de discussion que certains étudiants n'ont pas adhéré à la méthode de la salle de classe inversée, pendant que d'autres ont perçu l'utilité potentielle de cette méthode mais n'ont pu y participer pleinement parce qu'ils étaient incapables de bien gérer leur temps, étant donné la charge accrue de travaux dans le cours durant la session.
- *La présence en classe et les leçons sous forme de vidéo regardées* : La présence aux séances magistrales des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée s'est établie en moyenne à environ 60 % durant la session; idem pour les étudiants de la cohorte du cours sous sa forme classique. Toutefois, nous avons constaté que la plupart des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée qui *ne s'étaient pas* préparés en regardant les leçons sous forme de vidéo décidaient de ne pas se présenter aux séances en classe. Ce phénomène est également appuyé par la corrélation raisonnablement forte entre les leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classes et la présence en classe, [ $r = 0,62$ ;  $p < 0,001$ ], de même que les groupes de discussion, où les étudiants ont affirmé clairement que l'une des principales raisons pour lesquelles ils s'absentaient des séances magistrales était qu'ils ne se sentaient pas suffisamment préparés pour y assister.
- *Les leçons sous forme de vidéo regardées et la charge de travail dans le cours* : En ce qui concerne les leçons sous forme de vidéo regardées avant les séances en classe, le pourcentage des leçons regardées par les étudiants a fait l'objet d'une variation marquée relativement à chaque séance en classe. Le faible pourcentage de leçons sous forme de vidéo regardées semble être lié aux exigences immédiates dans les autres cours, comme les grandes évaluations. Les données des groupes de discussion permettent également d'appuyer cette observation. À partir des données de l'enquête, rien ne permet d'établir clairement que la méthode de la salle de classe inversée donne dans le

cours une charge de travail supérieure à la normale tout au long de la session. Néanmoins, une minorité restreinte d'étudiants en ont fait mention comme élément de préoccupation durant les séances des groupes de discussion et dans les commentaires en réponse aux questions ouvertes de l'enquête.

### *Perceptions des étudiants*

Dans l'ensemble, les étudiants avaient des sentiments mitigés envers la méthode de la salle de classe inversée. De façon précise, les principales constatations à ce chapitre sont les suivantes :

- *La perception globale* : Parmi les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée, 48 % ont dit préférer la méthode de la salle de classe inversée comparativement aux séances magistrales sous leur forme classique, tandis que 35 % ont affirmé préférer la méthode classique. En revanche, plus de 80 % des étudiants de cette cohorte ont jugé que les leçons sous forme de vidéo permettaient une bonne initiation à la matière du cours; ils auraient cependant préféré que ces vidéos soient d'une durée inférieure à la moyenne de 25 minutes.
- *L'utilisation efficace du temps à des fins d'apprentissage* : Pour la majorité du groupe d'étudiants, l'instauration de la méthode de la salle de classe inversée n'a pas permis de diminuer considérablement la nécessité chez les étudiants de « se bourrer le crâne » avant une grande évaluation : 53 % des étudiants ont précisé qu'ils continuaient de s'en remettre à ce mode d'étude. Environ 50 % des étudiants ont signalé que, dans la classe et dans l'ensemble, l'utilisation de leur temps était plus efficace comparativement à la méthode classique, tandis que 35 % ont affirmé le contraire.
- *L'expérience vécue en classe* : Plus de la moitié des étudiants du groupe (56 %) ont affirmé que grâce à la méthode de la salle de classe inversée, le temps passé en classe était plus agréable que dans une salle de classe de type classique, tandis que 25 % étaient d'avis contraire. Cependant, la cohorte de la salle de classe inversée a évalué l'efficacité de la méthode magistrale adoptée par le chargé de cours pour les aider à assimiler la matière *moins favorablement* que celle de la cohorte du cours sous sa forme classique, le désaccord à ce chapitre se situant à 18 % et à 8 %, respectivement; une telle différence n'était cependant pas statistiquement significative. Compte tenu des commentaires formulés dans le déroulement des groupes de discussion, il semble que le style d'apprentissage dominant de l'étudiant influait sur la mesure dans laquelle l'étudiant jugeait utile et agréable l'expérience vécue en classe.
- *Un milieu d'apprentissage propice à un appui* : En règle générale, les étudiants percevaient leur milieu d'apprentissage de façon positive. Plus de 70 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont précisé qu'ils avaient reçu l'appui nécessaire pour bien assimiler la matière du cours et qu'ils avaient eu la possibilité d'obtenir des réponses aux questions posées.

- *Les rapports entre les étudiants et le corps professoral* : Dans le contexte de la méthode de classe inversée, la fréquence des rapports des étudiants avec le chargé de cours durant les séances en classe et immédiatement après celles-ci était considérablement plus élevée que dans la méthode classique : seuls 25 % des étudiants dans la cohorte de la salle de classe inversée ont dit n'avoir jamais entretenu de rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe, comparativement à 54 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique. De plus, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée étaient davantage satisfaits de leurs rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe. La pertinence perçue des rapports entre les étudiants et le corps professoral durant le cours s'est également accrue de 13 % entre les deux cohortes.
- *L'intérêt accru envers la matière* : Des données probantes révèlent que la méthode de la salle de classe inversée s'est traduite par un accroissement de l'intérêt manifesté par les étudiants envers le cours, l'évaluation relative à l'enthousiasme à la fin du cours étant supérieure chez la cohorte de la salle de classe inversée [ $M_{inv} = 4,40$ ;  $ET = 1,52$ ;  $M_{cla} = 3,93$ ;  $ET = 1,76$ ;  $t(235) = 2,19$ ;  $p = 0,03$ ]. En outre, un pourcentage nettement supérieur chez la cohorte de la salle de classe inversée comparativement à la cohorte du cours sous sa forme classique (78 % contre 66 %) ont classé le cours parmi les trois qu'ils préféraient sur les cinq cours suivis durant la session. Les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont également donné une évaluation supérieure quant à leur intérêt intrinsèque envers la matière, quoique ce résultat n'ait pas été statistiquement significatif [ $M_{inv} = 4,73$ ;  $ET = 1,52$ ;  $M_{cal} = 4,36$ ;  $ET = 1,47$ ;  $t(225) = 1,84$ ;  $p = 0,065$ ]. L'évaluation faite de l'énoncé « Dans l'ensemble, j'ai aimé suivre ce cours » était légèrement supérieure chez la cohorte de la salle de classe inversée comparativement à la cohorte du cours sous sa forme classique, mais la différence à ce chapitre n'est pas significative.

Dans la transition vers une méthode de la salle de classe inversée, on entrevoyait plusieurs avantages éventuels et quelques préoccupations significatives. Hormis le but principal consistant à améliorer l'apprentissage des étudiants dans le cours, les avantages suivants étaient également espérés chez les étudiants :

- Être capable d'utiliser son temps plus efficacement pour assimiler la matière du cours.
- Vivre une expérience d'apprentissage plus agréable.
- Accroître la participation et l'intérêt envers la matière du cours.

Toutefois, les points suivants suscitaient d'importantes préoccupations :

- Ne pas accepter le nouveau processus d'apprentissage, ni regarder les leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe conformément aux exigences.
- Ne pas se présenter aux séances en classe s'il y a un retard dans les leçons sous forme de vidéo regardées.
- Juger la charge de travail du cours supérieure à la normale en raison du besoin de regarder les vidéos constamment.

- Estimer ne pas obtenir l'appui nécessaire pour assimiler la matière par le truchement de cette méthode.

Les résultats de la présente étude révèlent qu'un bon nombre de ces avantages et préoccupations étaient fondés, mais à divers degrés.

### 3.2 Question de recherche n° 2 : les retombées sur l'autoefficacité et les résultats d'apprentissage des étudiants

*Comparativement à la méthode de la salle de classe sous sa forme classique, quelles sont les retombées de la méthode de la salle de classe inversée sur l'**autoefficacité** et les **résultats d'apprentissage des étudiants**?*

#### **Autoefficacité**

Les étudiants devaient répondre à 30 questions sur l'autoefficacité selon une échelle de Likert à 7 points, ce qui allait permettre d'approfondir leur niveau de confiance face à divers aspects de la matière du cours et en ce qui touche leur capacité de faire globalement des études en génie, y compris dix questions tirées directement de l'outil validé d'évaluation longitudinale d'autoefficacité en génie (LAESE) [Marra, Rodgers, Shen et Bogue (2009)]. Au moyen de l'analyse factorielle à l'aide de la corrélation polychromique menée dans le cadre de la présente étude, nous avons dégagé trois facteurs de chaque cohorte : l'autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui; l'autoefficacité dans les études en génie; l'autoefficacité dans l'assimilation de la matière du cours (tableau 10). La saturation des facteurs de même que les éléments de questions liés aux trois facteurs sont relatés en détail dans les tableaux C-1 et C-2 de l'annexe C.

D'après le tableau 10, il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les deux cohortes relativement aux trois facteurs d'autoefficacité. Ce tableau montre également que le plus faible niveau de confiance des étudiants se rapportait à leur capacité d'expliquer les concepts du cours à autrui, comme un collègue en deuxième année, mais que ces étudiants semblaient avoir davantage confiance en leur capacité d'assimiler la matière du cours et de réussir leurs études en génie.

**Tableau 10 : Comparaisons des variables d'autoefficacité**

Trois facteurs d'autoefficacité	Cohorte, classique		Cohorte, inversée	
	<i>n</i>	Moyenne (ET)	<i>n</i>	Moyenne (ET)
Autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui	163	4,56 (1,26)	170	4,43 (1,28)
Autoefficacité dans les études en génie	160	5,10 (1,12)	166	5,14 (1,04)
Autoefficacité dans l'assimilation de la matière du cours	165	5,22 (1,09)	173	5,22 (0,95)

Nous avons cependant constaté que les étudiants des deux cohortes présentaient des différences considérables dans leurs réponses à 2 des 30 questions sur l'autoefficacité<sup>5</sup>. Fait intéressant à souligner, ces deux questions se rapportaient à la matière traitée dans les leçons sous forme de vidéo n° 22 et n° 24, lesquelles, comme nous en avons discuté au préalable (voir le graphique 3), avaient été très peu regardées par les étudiants en raison de leur lourde charge de travail dans leurs autres cours à ce moment-là.

D'autres résultats relatifs aux corrélations entre les résultats d'apprentissage, les variables des rapports entre les étudiants et le corps professoral et les facteurs d'autoefficacité figurent dans l'ouvrage des auteurs Stickel, Liu et Hari (2014).

### *Résultats d'apprentissage*

Nous avons mesuré la compréhension de la matière du cours par les étudiants de différentes façons axées sur l'apprentissage conceptuel à court terme et à long terme, les capacités de résolution de problèmes analytiques et les notes finales dans le cours. Les méthodes de la collecte des données sont décrites au tableau A-1 de l'annexe A (voir les points 5, 6, 7, 11 et 12). Les tests à caractère conceptuel avaient pour objet la compréhension par les étudiants des concepts fondamentaux du cours, pendant que les interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques mettaient à l'épreuve la capacité des étudiants à appliquer les techniques mathématiques requises pour résoudre les problèmes fondés sur ces concepts. Le cours a été donné de façon à mettre en relief le perfectionnement *simultané* des modes conceptuel et analytique de compréhension, pendant que les problèmes à résoudre en devoir, les interrogations en classe et les examens témoignaient également de cette mise en relief commune.

Nous nous sommes penchés sur cinq indicateurs des résultats d'apprentissage : les notes au test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement; la progression des notes obtenues dans l'inventaire des concepts; les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques (ICRPA); les résultats obtenus au test sur la mémorisation des concepts à long terme; et le rendement scolaire dans le cours (RSC). Les statistiques descriptives de ces cinq résultats sont exposées au tableau 2. Pour faciliter la lecture du présent document, voici de nouveau les données présentées dans le tableau 11.

---

5 Ces deux questions étaient les suivantes : Q59 – « Je peux clairement expliquer le rapport de base entre les champs **magnétiques** et leurs sources (les courants) à une autre étudiant de deuxième année en génie électrique et informatique » [ $M_{inv} = 4,40$ ;  $ET = 1,66$ ;  $M_{cla} = 4,77$ ;  $ET = 1,47$ ;  $t(335) = 2,15$ ;  $p = 0,03$ ] et Q60 – « Je peux clairement expliquer le mode d'interaction des champs **magnétiques** avec des matériaux, comme le fer, à un autre étudiant de deuxième année en génie électrique et informatique » [ $M_{inv} = 4,22$ ;  $ET = 1,61$ ;  $M_{cla} = 4,60$ ;  $ET = 1,45$ ;  $t(333) = 2,29$ ;  $p = 0,02$ ].

Tableau 11 : Statistiques descriptives des variables des résultats d'apprentissage à l'étude

Variables des résultats d'apprentissage	Cohorte, classique		Cohorte, inversée	
	<i>n</i>	Moyenne (ET)	<i>n</i>	Moyenne (ET)
Notes au test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement (en pourcentage)	286	51, (19,0)	314	50,5 (18,3)
Progression des notes obtenues dans l'inventaire des concepts (en pourcentage)	276	18,5 (48,7)	297	13,3 (41,9)
Notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques (ceux ayant passé les quatre interrogations en classe) (IRCPA) (note totale sur 10)	129	4,65 (1,79)	114	6,20** (1,75)
Rendement scolaire dans le cours (RSC) (en pourcentage)	299	70,4 (13,7)	329	73,4*** (13,1)
Note obtenue au test sur la mémorisation des concepts à long terme (en pourcentage)	69	45,8 (13,8)	51	45,5 (18,3)

\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Nous avons discerné entre les deux cohortes des différences statistiquement significatives dans deux des cinq mesures : les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques [ $M_{inv} = 6,20$ ;  $ET = 1,75$  et  $M_{cla} = 4,65$ ;  $ET = 1,79$ ;  $t(241) = 6,78$ ;  $p < 0,001$ ;  $r^2 = 0,16$ ]; ainsi que le rendement scolaire dans le cours [ $M_{inv} = 73,4$ ;  $ET = 13,1$  et  $M_{cla} = 70,4$ ;  $ET = 13,7$ ;  $t(626) = 2,84$ ;  $p < 0,01$ ;  $r^2 = 0,01$ ]. Autrement dit, la cohorte de la salle de classe inversée a obtenu un meilleur rendement que celle du cours sous sa forme classique relativement à ces deux mesures, quoique l'ampleur de l'effet de la différence pour les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques était moyenne, pendant que l'ampleur de l'effet quant à la différence liée au rendement scolaire dans le cours était ténue<sup>6</sup>.

Nous n'avons pas constaté de différence significative entre les deux cohortes relativement aux notes au test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement, ni en ce qui touche la progression des notes obtenues dans l'inventaire des concepts, ni en ce qui a trait aux notes obtenues au test sur la mémorisation des concepts à long terme. Afin de vérifier nos constatations à propos des notes au test sur l'inventaire des concepts (IC) après l'enseignement, nous avons effectué une analyse de covariance (ANCOVA) dans laquelle la méthode d'enseignement a servi de variable indépendante, les notes au test sur l'IC avant l'enseignement ont servi de covariable, et les notes au test sur l'IC après l'enseignement de variable dépendante. Le lien entre la covariable et la variable dépendante ne différait pas de façon significative en tant que fonction de la variable indépendante [ $F(1575) = 0,002$ ;  $EQM = 0,31$ ;  $p = 0,97$ ;  $\eta^2$  partiel  $< 0,001$ ]; autrement dit, l'hypothèse de l'homogénéité des pentes pour l'ANCOVA était confirmée. Le résultat de l'ANCOVA n'était pas significatif en ce qui touche la méthode d'enseignement [ $F(1576) = 0,50$ ;  $EQM = 83,09$ ;  $p = 0,48$ ;  $\eta^2$  partiel =  $0,001$ ]. Par conséquent, la différence entre les deux cohortes relativement aux notes au test sur l'IC après

6 L'ampleur de l'effet quant à la différence moyenne est interprétée comme étant petite si  $0,01 < r^2 < 0,09$ ; moyenne si  $0,09 < r^2 < 0,25$ ; et grande si  $r^2 > 0,25$  [Cohen (1992)].

l'enseignement n'était pas statistiquement significative, après prise en compte des notes au test sur l'IC avant l'enseignement.

En outre, lorsqu'ils devaient passer les quatre interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, les étudiants devaient également évaluer leur état de confiance pour chacune de leurs réponses, selon une échelle allant de 1 (réponse essentiellement devinée) à 10 (réponse très certaine). Les étudiants ont passé ces interrogations en classe au cours des mêmes séances en classe les deux années, et on a accordé à chaque cohorte exactement la même période pour mener à bien les interrogations. Les étudiants de la cohorte inversée n'avaient jamais pris connaissance de ces interrogations, lesquelles étaient gardées en sécurité et demeuraient confidentielles durant l'année précédente, sans téléverser les copies et les solutions. Par souci de cohérence dans la notation de chaque interrogation, c'est le même adjoint à l'enseignement qui a noté toutes les interrogations pour les deux cohortes à l'été 2013; ce dernier ne savait rien du projet, ni du groupe qui constituait la cohorte de la salle de classe inversée.

Le sommaire des résultats de ces interrogations figure dans le tableau 12 ci-dessous. En ce qui concerne les notes des trois premières interrogations, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont surpassé ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique par des marges significatives. En ce qui a trait à la cohorte de la salle de classe inversée, l'interrogation finale s'est déroulée de la troisième à la dernière semaine de la session et elle portait sur des thèmes liés aux leçons 22 et 24, pour lesquelles très peu d'étudiants avaient regardé les vidéos avant les séances en classe en raison de la lourde charge de travail relative aux cours durant ces semaines-là (voir le graphique 2). Or, malgré cette situation défavorable, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont obtenu à peu près le même rendement que ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique.

De plus, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont manifesté un niveau de confiance passablement supérieur en leur capacité de résoudre les problèmes dans les trois premières interrogations. Cette corrélation positive entre le niveau de confiance et le rendement scolaire s'inscrit dans les constatations d'études autres [Lane, Lane et Kyprianou (2004); MacPhee, Farro et Canetto (2013)]. Cependant, ce niveau de confiance supérieur quant à la résolution des questions des interrogations chez les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée n'a pas semblé se traduire par des notes globales supérieures sur l'autoefficacité, comme le montre le tableau 10. On peut expliquer ce phénomène par la différence entre les points de mire des deux outils : les notes sur la confiance face aux ICRPA se rapportaient vraisemblablement davantage à la capacité de mettre en application les techniques mathématiques appropriées, tandis que les facteurs d'autoefficacité avaient davantage trait à l'acquisition d'une compréhension conceptuelle de la matière du cours et à sa transmission.

Dans les cas où l'évaluation moyenne de confiance était déterminée pour chaque étudiant puis mise en comparaison avec leurs évaluations quant aux trois facteurs d'autoefficacité, il y avait une corrélation raisonnable entre ces variables, tant chez la cohorte de la salle de classe inversée (la valeur  $r$  allant de 0,41 à 0,47) que celle du cours sous sa forme classique (la valeur  $r$  allant de 0,29 à 0,39). Le fait que les corrélations ayant trait à la cohorte du cours sous sa forme classique soient inférieures pour chaque facteur montre que

les étudiants de cette cohorte étaient moins confiants au sujet de leur apprentissage tout au long de la session, mais que leur confiance s'était accrue à la fin de la session.

Pour comprendre à fond les éléments qui ont pu contribuer à la réalisation de tels résultats d'apprentissage, nous avons exécuté les deux analyses suivantes :

- Une analyse de corrélation des liens entre les cinq variables de résultats et les trois évaluations des facteurs d'auto-efficacité en guise de critères intermédiaires. Les résultats de cette analyse sont présentés à l'annexe D.
- Une analyse de régression hiérarchique des deux variables de résultats dont la différence s'est révélée statistiquement significative entre les deux cohortes d'étudiants : les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques de même que le rendement scolaire dans le cours. Nous avons procédé à cette analyse pour examiner la vigueur du lien entre la méthode d'enseignement et les deux résultats d'apprentissage, puis découvrir si d'autres facteurs comportaient des retombées sur la différence statistiquement significative, outre la méthode d'enseignement.

**Tableau 12 : Comparaisons des notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques**

N° de l'interrogation en classe, note totale et évaluation de la confiance	Cohorte, classique		Cohorte, inversée		
	<i>n</i>	Moyenne (ET)	<i>n</i>	Moyenne (ET)	
<b>Int. n° 1</b>	Note (10)	215	4,49 (2,53)	242	5,52*** (2,49)
	Conf. partie a)	207	5,57 (2,73)	237	6,22* (2,77)
	Conf. partie b)	167	3,38 (2,34)	215	4,18** (2,65)
<b>Int. n° 2</b>	Note (10)	204	4,57 (2,12)	207	5,82*** (2,38)
	Conf. partie a)	184	4,34 (2,27)	200	4,71 (2,53)
	Conf. partie b)	136	3,00 (2,15)	190	3,81** (2,51)
<b>Int. n° 3</b>	Note (10)	203	3,92 (2,51)	227	6,95*** (2,28)
	Conf. partie a)	204	2,29 (2,29)	227	4,60*** (2,74)
	Conf. partie b)	204	1,85 (2,19)	227	3,75*** (2,89)
	Conf. partie c)	204	0,77 (1,32)	227	2,57*** (2,73)
<b>Int. n° 4</b>	Note (10)	222	4,68 (2,50)	168	4,54 (2,79)
	Conf. partie a)	222	7,56 (2,93)	168	7,45 (2,91)
	Conf. partie b)	222	4,06 (3,31)	168	3,85 (3,15)
	Conf. partie c)	222	1,30 (2,08)	168	1,58 (2,37)
<b>Les quatre int.</b>	Note (10)	129	4,65 (1,79)	114	6,20*** (1,75)

Remarque : L'échelle relative à l'évaluation de la confiance allait de 1 à 10; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

### Résultats tirés de l'analyse de régression

Les trois groupes suivants de variables indépendantes ont fait partie de l'analyse de régression hiérarchique. Le sommaire des statistiques descriptives quant à ces variables figure au tableau 13.

- 1) Les caractéristiques des étudiants :
  - le rendement scolaire préalable;
  - les styles d'apprentissage : réfléchi ou actif; par l'intuition ou par l'exploration; auditif ou visuel; global ou séquentiel.
  
- 2) Les expériences d'apprentissage des étudiants :
  - la démarche d'enseignement : classique ou de la salle de classe inversée;
  - la fréquence des rapports entre les étudiants et le corps professoral durant les séances en classe;
  - les facteurs de participation scolaire des étudiants<sup>7</sup> : 1) efforts supplémentaires dans les études; 2) révision de la matière téléversée; 3) pratique de la résolution de problèmes;
  - la présence aux séances magistrales.
  
- 3) Les critères intermédiaires :
  - l'autoefficacité des étudiants : 1) l'autoefficacité dans l'explication du concept du cours à autrui; 2) l'autoefficacité dans les études en génie; 3) l'autoefficacité dans l'assimilation de la matière du cours.

Nous avons procédé à une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur pour évaluer si les deux méthodes d'enseignement et les quatre variables des styles d'apprentissage comportaient un effet d'interaction sur les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution des problèmes analytiques. Les résultats de l'ANOVA n'ont révélé aucune interaction significative. Les notes des étudiants au style d'apprentissage réfléchi étaient supérieures à celles des étudiants au style d'apprentissage actif dans les interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques [ $F(1209) = 8,70$ ;  $EQM = 26,27$ ;  $p = 0,004$ ;  $\eta^2$  partiel = 0,04], pendant que les notes des étudiants ayant un style d'apprentissage par l'intuition surpassaient celles des étudiants dont le style d'apprentissage était par l'exploration en ce qui touche ces mêmes interrogations [ $F(1209) = 16,23$ ;  $EQM = 47,45$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2$  partiel = 0,07]. Autrement dit, le style d'apprentissage des étudiants a joué un rôle important dans la différence entre leurs notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques; toutefois, les styles d'apprentissage n'ont pas agi sur la façon par laquelle la méthode d'enseignement a influé sur les différences entre les deux cohortes quant à ce résultat, c.-à-d., les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques.

---

<sup>7</sup> L'analyse factorielle a porté sur ces questions. Les détails quant à l'analyse factorielle figurent à l'annexe C et l'ensemble complet des résultats liés aux questions de l'enquête se trouve à l'annexe D.

**Tableau 13 : Statistiques descriptives des variables de l'analyse de régression relativement à deux variables des résultats**

Variables	Échantillon des ICRPA (n=127)		Échantillon du RSC (n=217)	
	Moyenne (ou %)	ET	Moyenne (ou %)	ET
<b>Résultats d'apprentissage</b>				
Notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques (ICRPA) (note totale : 10)	5,55	1,80		
Rendement scolaire dans le cours (RSC) (note totale : 100)			76,1 %	12,36
<b>Caractéristiques des étudiants</b>				
Rendement scolaire au préalable (note totale : 100)	75,4 %	9,51	74,2 %	9,38
Style d'apprentissage – réfléchi	53,5 %		53,9 %	
Style d'apprentissage – par l'intuition	36,2 %		39,2 %	
Style d'apprentissage – auditif	23,6 %		18,9 %	
Style d'apprentissage – global	33,9 %		41,0 %	
<b>Expériences d'apprentissage</b>				
Démarche d'enseignement – salle de classe inversée	52,8 %		51,2 %	
Rapports entre les étudiants et le corps professoral durant les séances en classe (échelle de 5 points)	2,42	1,58	2,23	1,47
Facteur n° 1 de participation des étudiants : <i>Efforts supplémentaires dans les études</i> (échelle de 3 points)	1,44	0,40	1,46	0,39
Facteur n° 2 de participation des étudiants : <i>Révision de la matière téléversée</i> (échelle de 3 points)	2,41	0,53	2,38	0,54
Facteur n° 3 de participation des étudiants : <i>Pratique de la résolution de problèmes</i> (échelle de 3 points)	1,88	0,57	1,90	0,55
Présence aux séances magistrales (pourcentage)	83,8%	12,13	74,2%	20,30
<b>Critères intermédiaires</b>				
Facteur n° 1 d'autoefficacité : <i>Explication des concepts du cours à autrui</i> (échelle de 7 points)	4,54	1,30	4,47	1,22
Facteur n° 2 d'autoefficacité : <i>Études en génie</i>	5,21	1,12	5,13	1,08
Facteur n° 3 d'autoefficacité : <i>Assimilation de la matière du cours</i>	5,33	0,97	5,23	1,00

Compte tenu du cadre analytique « intrant-milieu-résultat » de l'auteur Astin (1991), les trois groupes de variables indépendantes ont été saisies de façon séquentielle en tant que blocs 1, 2 et 3 dans les modèles de régression pour déterminer la mesure dans laquelle chaque bloc de variables indépendantes a apporté une variance exceptionnelle aux prédictions des résultats d'apprentissage à l'étude.

Nous avons vérifié les hypothèses de linéarité, de normalité, d'homoscédasticité et d'indépendance des termes d'erreur de l'analyse de régression. Les diagrammes de dispersion entre les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques et l'ensemble des variables indépendantes continues ont semblé relativement linéaires. L'histogramme produit à partir des variances résiduelles et du diagramme de probabilité normale ont permis d'appuyer l'hypothèse de la normalité. La tendance manifestée dans les diagrammes de dispersion résiduelle ont permis d'appuyer l'hypothèse de l'homoscédasticité. La statistique de Durbin-Watson se situait à 2,17 pour le modèle des ICRPA et à 2,06 pour le modèle du RSC, ce qui montre que l'hypothèse de l'indépendance des termes d'erreur a été confirmée. L'analyse des valeurs aberrantes s'est également déroulée par la vérification de trois statistiques résiduelles : les valeurs prédites ou normalisées, la distance de Cook et les valeurs d'effet de levier, lesquelles n'ont révélé aucune valeur aberrante. De plus, nous avons vérifié la multicollinéarité par l'examen du facteur d'inflation de la variance (FIV), lequel s'étend de 1,10 à 2,72 pour toutes les variables indépendantes du modèle des ICRPA et de 1,08 à 2,43 dans le modèle du RSC. Compte tenu de ces indicateurs, nous étions convaincus de nos résultats obtenus à partir de l'analyse de régression linéaire hiérarchique.

Comme le révèle le tableau 14 en ce qui touche les ICRPA, les 14 variables ont constitué 59 % de la variance ( $R^2 = 0,59$ ). Parmi les trois groupes des variables indépendantes, les caractéristiques des étudiants, représentées par le rendement scolaire préalable des étudiants et leurs style d'apprentissage, sont intervenues pour 36 % de la variance dans les ICRPA; les expériences d'apprentissage, représentées par la méthode d'enseignement, les rapports entre les étudiants et le corps professoral, la présence aux séances magistrales et la participation scolaire, ont constitué 20 % de la variance; quant au trois mesures d'autoefficacité en tant que critère intermédiaire, elles sont intervenues pour 4 % de la variance.

**Tableau 14 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives des notes obtenues aux interrogations en classe sous la résolution de problèmes analytiques**

Variables	<i>r</i>	Notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques		
		Modèle n° 1	Modèle n° 2	Modèle n° 3
<b>Caractéristiques des étudiants</b>				
Rendement scolaire au préalable	0,54***	0,56*** (.11)	0,55*** (.10)	0,44*** (.08)
Style d'apprentissage – réfléchi	0,20*	0,02 (.08)	0,06(.23)	0,09 (.31)
Style d'apprentissage – par l'intuition	0,17*	0,23**(.85)	0,21** (.79)	0,18* (.68)
Style d'apprentissage – auditif	0,21**	0,09 (.36)	0,02 (.06)	0,00 (.00)
Style d'apprentissage – global	0,08	-0,01 (-,03)	-0,06 (-,21)	-0,05 (-,20)
<b>Expérience d'apprentissage</b>				
Démarche d'enseignement	0,38***		0,30*** (1,07)	0,30*** (1,08)
Rapports entre les étudiants et le corps professoral durant les séances en classe	0,29***		0,08 (0,09)	0,03 (0,04)
Facteur n° 1 de participation des étudiants : <i>Efforts supplémentaires dans les études</i>	0,31***		0,18* (0,80)	0,10 (0,44)
Facteur n° 2 de participation des étudiants : <i>Révision de la matière téléversée</i>	0,15*		0,01 (0,03)	-0,01 (-0,03)
Facteur n° 3 de participation des étudiants : <i>Pratique de la résolution de problèmes</i>	0,02		-0,02 (-0,07)	-0,04 (-0,14)
Présence aux séances magistrales (pourcentage)	0,16*		0,16* (0,02)	0,18* (0,03)
<b>Critères intermédiaires</b>				
Facteur n° 1 d'autoefficacité : <i>Explication des concepts du cours à autrui</i>	0,43***			0,15 (0,20)
Facteur n° 2 d'autoefficacité : <i>Études en génie</i>	0,49***			0,08 (0,13)
Facteur n° 3 d'autoefficacité : <i>Assimilation de la matière du cours</i>	0,43***			0,05 (0,09)
	<i>Modification à la valeur R<sup>2</sup></i>	0,36	0,20	0,04
	<i>Modification à la valeur F</i>	13,78***	8,44***	3,28*
	<i>R<sup>2</sup></i>	0,36	0,56	0,59
	<i>F</i>	13,78***	13,17***	11,67***

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ 

Le tableau 14 englobe également les coefficients de régression des trois modèles de régression. Les coefficients du modèle n° 1 témoignent des retombées relatives à chaque variable indépendante tout en tenant compte seulement des caractéristiques des étudiants. Dans le modèle n° 2, nous avons ajouté les variables qui font état des expériences d'apprentissage des étudiants. Les coefficients du modèle n° 3 prennent également en compte les trois mesures d'autoefficacité. Parmi toutes les variables indépendantes, le rendement scolaire préalable est celle qui a contribué le plus aux ICRPA [ $\beta = 9,44$ ;  $t = 5,47$ ;  $p < 0,001$ ], suivie du recours à la méthode de la salle de classe inversée [ $\beta = 0,30$ ;  $t = 4,59$ ,  $p < 0,001$ ] une fois les autres variables prises en compte. De plus, les étudiants ayant un style d'apprentissage par l'intuition ont obtenu aux ICRPA des notes supérieures à celles des étudiants ayant un style d'apprentissage par l'exploration

$[\beta = 0,18; t = 2,64; p = 0,01]$  et plus les étudiants étaient présents aux séances magistrales, plus ils obtenaient des notes supérieures aux ICRPA  $[\beta = 0,18; t = 2,62; p = 0,01]$ .

Après avoir divisé les coefficients de régression normalisés (c.-à-d. les valeurs de  $\beta$ ) du tableau 14 pour en arriver aux écarts types totalisés de la mesure du rendement, nous avons obtenu une mesure de l'ampleur de l'effet [Hays (1994)]. À partir de là, nous avons constaté que l'avantage de recourir à la méthode de la salle de classe inversée s'établissait à 0,17 d'un écart type dans l'accroissement des notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, une fois les autres variables prises en compte.

Les résultats du rendement scolaire dans le cours (RSC) figurent dans le tableau 15 et les 14 variables comptent pour 75 % de la variance. Parmi les trois groupes de variables indépendantes, les caractéristiques des étudiants interviennent pour 66 % de la variance; les expériences d'apprentissage constituent 7 % de la variance; pendant que les trois mesures d'autoefficacité forment 2 % de la variance.

Tableau 15 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives du rendement scolaire dans le cours

	<i>r</i>	Rendement scolaire dans le cours		
		Modèle n° 1	Modèle n° 2	Modèle n° 3
<b>Caractéristiques des étudiants</b>				
Rendement scolaire au préalable	0,80***	0,82*** (1,08)	0,77*** (1,01)	0,71*** (0,94)
Style d'apprentissage – réfléchi	0,13*	-0,07 (-1,69)	-0,03 (-,69)	-0,02 (-0,50)
Style d'apprentissage – par l'intuition	-0,026	0,07 (1,66)	0,04 (1,11)	0,02 (0,59)
Style d'apprentissage – auditif	0,14*	0,08 (2,42)	0,04 (1,24)	0,03 (0,93)
Style d'apprentissage – global	0,02	-0,01 (-0,35)	0,00 (0,06)	0,01 (0,26)
<b>Expérience d'apprentissage</b>				
Démarche d'enseignement – salle de classe inversée	0,14*		0,05 (1,20)	0,06 (1,48)
Rapports entre les étudiants et le corps professoral durant les séances en classe	0,22***		0,08 (0,66)	0,04 (0,33)
Facteur n° 1 de participation des étudiants : <i>Efforts supplémentaires dans les études</i>	-0,01		0,07 (2,29)	0,03 (0,88)
Facteur n° 2 de participation des étudiants : <i>Révision de la matière téléversée</i>	0,13*		0,09* (2,04)	0,08 (1,72)
Facteur n° 3 de participation des étudiants : <i>Pratique de la résolution de problèmes</i>	0,17**		0,06 (1,27)	0,04 (0,92)
Présence aux séances magistrales (pourcentage)	0,36***		0,19*** (0,12)	0,20*** (0,12)
<b>Critères intermédiaires</b>				
Facteur n° 1 d'autoefficacité : <i>Explication des concepts du cours à autrui</i>	0,38***			0,16** (1,65)
Facteur n° 2 d'autoefficacité : <i>Études en génie</i>	0,53***			0,02 (0,28)
Facteur n° 3 d'autoefficacité : <i>Assimilation de la matière du cours</i>	0,38***			0,00 (0,00)
	<i>Modification à la valeur R<sup>2</sup></i>	0,66	0,07	0,02
	<i>Modification à la valeur F</i>	81,21***	9,09***	6,42***
	<i>R<sup>2</sup></i>	0,66	0,73	0,75
	<i>F</i>	81,21***	50,37***	44,09***

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Également en guise de sommaire dans le tableau 15, parmi toutes les variables indépendantes, le rendement scolaire préalable est celle qui a contribué le plus au RSC [ $\beta = 0,71$ ;  $t = 15,87$ ;  $p < 0,001$ ]. La présence aux séances magistrales [ $\beta = 0,20$ ;  $t = 5,39$ ;  $p < 0,001$ ] et l'autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui [ $\beta = 0,16$ ;  $t = 3,31$ ;  $p = 0,02$ ] sont également intervenues dans l'augmentation du rendement scolaire dans le cours, après prise en compte des autres variables. Fait intéressant, ce modèle porte à croire que la démarche d'enseignement n'est pas un facteur qui contribue considérablement au rendement global dans le cours des étudiants.

Pour chercher à connaître davantage la mesure dans laquelle la méthode de la salle de classe inversée avait influé sur l'apprentissage des étudiants en fonction de ces deux variables de rendement, nous avons exécuté

un autre ensemble d'analyses de régression ayant trait strictement à la cohorte des étudiants dans la salle de classe inversée. Puisque les rapports entre les étudiants et le corps professoral de même que les trois variables des facteurs de participation des étudiants n'avaient pas comporté une valeur significative dans nos tentatives d'exploration, nous avons décidé de les retirer des modèles. L'analyse a plutôt porté sur l'évaluation de la mesure dans laquelle le niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée avait influé sur les deux résultats d'apprentissage. Il convient de souligner que la présente étude ne comportait pas de mesure directe quant au niveau de participation dans la méthode de la salle de classe inversée, car les données relatives aux leçons sous forme de vidéo regardées et à la présence en classe étaient, à notre sens, un indicateur raisonnable de la participation parce qu'elles sont révélatrices des deux grands domaines d'exposition des étudiants à la méthode de la salle de classe inversée, tel qu'il est expliqué à la section 3.1.

Selon l'analyse en classification automatique à  $k$  moyennes des données sur la présence en classe et les leçons sous forme de vidéo regardées, nous avons réparti la cohorte en trois groupes dont les niveaux de participation à la méthode de la salle de classe inversée étaient « fort », « moyen » et « faible ». Le tableau 16 montre le sommaire des cotes  $z$  moyennes de ces trois regroupements pour chacun des niveaux de participation. Le processus de regroupement s'est traduit par trois groupes composés d'un nombre semblable d'étudiants, les groupes ayant un niveau fort et faible de participation affichant un écart type au-delà ou en deçà de la moyenne de la cohorte en ce qui touche la moyenne de la présence en classe et des leçons sous forme de vidéo regardées.

**Tableau 16 : Caractéristiques des regroupements de participation à la méthode de la salle de classe inversée chez la cohorte relative à cette méthode**

	<b>Groupe 1 : Niveau fort</b>	<b>Groupe 2 : Niveau moyen</b>	<b>Groupe 3 : Niveau faible</b>
Présence en classe	1,01	0,08	-1,24
Leçons sous forme de vidéo regardées	1,07	-0,09	-1,04
$n$	101	136	92

Le tableau 17 révèle les statistiques descriptives des variables en cause dans l'analyse. Une fois comparé le profil de la cohorte de la salle de classe inversée dans son ensemble, comme le montre le tableau 2, les échantillons en vue de cette analyse représentent assez bien la cohorte dans son ensemble au chapitre des variables d'intérêt.

**Tableau 17 : Statistiques descriptives de toutes les variables pour l'analyse de régression de deux variables des résultats : la cohorte de la salle de classe inversée seulement**

Variables	Échantillon pour les ICRPA (n = 75)		Échantillon pour le RSC (n = 172)	
	Moyenne (ou %)	ET	Moyenne (ou %)	ET
<b>Résultats d'apprentissage</b>				
Notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques (ICRPA)	6,12	1,71		
Rendement scolaire dans le cours (RSC)			75,7	12,3
<b>Caractéristiques des étudiants</b>				
Rendement scolaire préalable	75,6	9,54	73,4	9,33
Style d'apprentissage – réfléchi	54,7 %		52,9 %	
Style d'apprentissage – par l'intuition	32,0 %		38,4 %	
Style d'apprentissage – auditif	25,3 %		20,3 %	
Style d'apprentissage – global	36,0 %		42,4 %	

Les tableaux 18 et 19 représentent les modèles finaux des notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques et du rendement scolaire dans le cours. L'analyse a conservé en guise de référence le groupe ayant un niveau de participation fort, de sorte que les résultats qui en découlent se rapportent aux deux autres groupes.

Le tableau 18 révèle que ces variables interviennent pour 45 % de la variance dans les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques. Les caractéristiques des étudiants, représentées par le rendement scolaire préalable des étudiants et leur style d'apprentissage, ont constitué 42 % de la variance, pendant que le niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée a compté pour 3,5 % de la variance. Parmi les variables indépendantes, seules deux contribuent de façon significative aux notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, après prise en compte des autres variables : le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,47$ ;  $t = 4,82$ ;  $p < 0,001$ ] et l'apprentissage par l'intuition [ $\beta = 0,34$ ;  $t = 3,46$ ;  $p < 0,01$ ].

Le tableau 19 révèle que les variables indépendantes sont intervenues pour 69 % de la variance relative au rendement scolaire dans le cours. Les caractéristiques des étudiants, représentées par le rendement scolaire préalable des étudiants et leur style d'apprentissage, ont constitué 64 % de la variance, pendant que le taux de participation à la méthode de la salle de classe inversée a compté pour 5 % de la variance. Parmi les variables indépendantes, trois ont contribué de façon significative au rendement scolaire dans le cours, après prise en compte des autres variables : le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,72$ ;  $t = 15,20$ ;  $p < 0,001$ ], le niveau de participation moyen [ $\beta = -0,17$ ;  $t = -3,41$ ;  $p < 0,01$ ] et le niveau de participation faible [ $\beta = -0,27$ ;  $t = -5,22$ ;  $p < 0,001$ ].

**Tableau 18 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives des capacités de résolution de problèmes analytiques : cohorte de la salle de classe inversée seulement (n = 75)**

	<i>r</i>	Notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques	
		Modèle n° 1	Modèle n° 2
<b><i>Caractéristiques des étudiants</i></b>			
Rendement scolaire préalable	0,52***	0,54*** (0,10)	0,47*** (0,09)
Style d'apprentissage – réfléchi	0,21	0,11 (0,37)	0,13 (0,43)
Style d'apprentissage – par l'intuition	0,31**	0,37*** (1,33)	0,34** (1,23)
Style d'apprentissage – auditif	0,13	-0,02 (-0,07)	-0,04 (-0,17)
Style d'apprentissage – global	0,03	-0,10 (-0,34)	-0,10 (-0,36)
<b><i>Niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée</i></b>			
Participation moyenne	-0,11		-0,09 (-1,29)
Participation faible	-0,37**		-0,19 (-0,73)
<i>Modification à la valeur R<sup>2</sup></i>		0,42	0,035
<i>Modification à la valeur F</i>		9,83***	2,16***
<i>R<sup>2</sup></i>		0,42	0,45
<i>F</i>		9,83***	7,87***

\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

**Tableau 19 : Coefficients normalisés et non normalisés des variables prédictives du rendement scolaire dans le cours : cohorte de la salle de classe inversée seulement (n = 172)**

Indicateurs de l'efficacité pédagogique	r	Rendement scolaire dans le cours	
		Modèle n° 1	Modèle n° 2
<b>Caractéristiques des étudiants</b>			
Rendement scolaire préalable	0,795***	0,80*** (1,05)	0,72*** (0,95)
Style d'apprentissage – réfléchi	0,155*	-0,03*(-0,62)	-0,05 (-1,18)
Style d'apprentissage – par l'intuition	0,071	0,04 (1,05)	0,09 (2,16)
Style d'apprentissage – auditif	0,046	0,02 (0,59)	0,00 (0,03)
Style d'apprentissage – global	0,054	0,03 (0,74)	0,06 (1,43)
<b>Niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée</b>			
Participation moyenne	-0,284***		-0,17** (-4,29)
Participation faible	-0,233**		-0,27*** (-8,57)
	<i>Modification à la valeur R<sup>2</sup></i>	0,64	0,05
	<i>Modification à la valeur F</i>	58,04***	14,27***
	R <sup>2</sup>	0,64	0,69
	F	58,04***	52,17***

\*\* p &lt; 0,01; \*\*\* p &lt; 0,001

### Sommaire et interprétation

Dans la section ci-dessus, nous avons présenté nos constatations en lien avec les retombées de la méthode d'enseignement sur l'autoefficacité des étudiants ainsi que les cinq résultats d'apprentissage évalués à différents moments tout au long du cours. Le sommaire des résultats figure ci-dessous.

#### Autoefficacité

Nous n'avons constaté aucune différence significative entre les notes des deux cohortes sur le plan de l'autoefficacité en ce qui touche l'explication des concepts du cours à autrui, l'assimilation de la matière du cours ou le fait d'étudier en génie. Pour l'ensemble des trois facteurs, l'une et l'autre des cohortes ont obtenu une note raisonnablement élevée en autoefficacité : la moyenne se situe entre 4,43 et 5,22 sur une échelle de 7 points et les notes les plus faibles se rapportent à l'explication des concepts du cours à autrui.

Cependant, la cohorte de la salle de classe inversée témoigne d'un niveau supérieur de confiance à celui de la cohorte du cours sous sa forme classique en ce qui touche les réponses aux questions de résolution de problèmes analytiques dans trois des quatre interrogations, sauf celles ayant trait à la matière du cours peu regardée sous forme de vidéo avant la séance en classe.

## Résultats d'apprentissage

Outre la mesure du rendement scolaire dans le cours global, nous avons employé trois mesures de compréhension conceptuelle de la matière du cours – la progression des notes obtenues dans l'inventaire des concepts; les notes après le test sur l'inventaire des concepts; et un test sur la mémorisation des concepts à long terme – de même qu'un ensemble de notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques en vue d'évaluer les résultats d'apprentissage des étudiants.

Deux de ces mesures des résultats – les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques et le rendement scolaire dans le cours – révèlent des différences statistiquement significatives entre les deux cohortes : sur le plan pratique, la première mesure est modérément significative [ $r^2 = 0,16$ ] et la deuxième est négligeable à ce chapitre [ $r^2 = 0,01$ ].

Dans nos autres analyses de corrélation, nous avons examiné les liens entre les cinq résultats d'apprentissage et les trois mesures d'autoefficacité, pour ensuite effectuer des analyses de régression aux deux résultats ayant des différences significatives entre les deux cohortes. Les résultats de la corrélation (voir l'annexe D) révèlent ce qui suit :

- Les associations entre les cinq mesures de résultats varient considérablement. Cet état de choses confirme que les cinq mesures de résultats diffèrent passablement en ce qui touche l'évaluation de l'apprentissage des étudiants, certains évaluant la compréhension conceptuelle des étudiants pendant que d'autres permettent de mesurer leurs capacité de résolution de problèmes analytiques.
- Les liens entre les variables des résultats et les mesures d'autoefficacité sont également différents entre les deux cohortes. Il semble que chez la cohorte de la salle de classe inversée, les mesures d'autoefficacité constituent de meilleurs indicateurs des résultats d'apprentissage des étudiants en ce qui touche la compréhension conceptuelle à court terme (mesurée par les notes après le test sur l'inventaire des concepts), la compréhension conceptuelle à long terme (mesurée par le test sur la mémorisation des concepts à long terme) et le rendement scolaire global dans le cours (mesuré par les notes dans le cours).

Nous avons procédé à deux ensembles d'analyse de régression hiérarchique. Dans le premier, les modèles de régression hiérarchique comportaient 14 variables indépendantes au sein de trois groupes au moment d'utiliser les données tirées des deux cohortes. Les résultats ont révélé ce qui suit :

- En ce qui concerne les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, les variables examinées sont intervenues pour 59 % de la variance, dont les caractéristiques des étudiants à 36 %, les expériences d'apprentissage à 20 % et les mesures d'autoefficacité à 4 %. Parmi toutes les variables indépendantes, les facteurs contributifs significatifs étaient le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,44$ ], le recours à la méthode de la salle de classe inversée [ $\beta = 0,30$ ], un style d'apprentissage par l'intuition [ $\beta = 0,18$ ] et une amélioration de la

présence en classe [ $\beta = 0,18$ ]. De façon précise, l'avantage de recourir à la méthode de la salle de classe inversée s'est révélé par une augmentation de 0,17 de l'écart type dans les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques.

- En ce qui touche le rendement scolaire dans le cours, les 14 variables sont intervenues pour 75 % de la variance, dont les caractéristiques des étudiants à 66 %, les expériences d'apprentissage à 7 % et les mesures d'autoefficacité à 2 %. Les facteurs contributifs significatifs étaient le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,71$ ], la présence en classe [ $\beta = 0,20$ ] de même que l'autoefficacité dans l'explication des concepts du cours à autrui [ $\beta = 0,16$ ]. Fait intéressant, il ressort que la démarche d'enseignement ne contribue pas de façon significative au rendement global dans le cours des étudiants. Il convient de souligner que les grandes évaluations ayant contribué au rendement scolaire dans le cours n'étaient pas exactement les mêmes pour l'une et l'autre des cohortes.

Le deuxième ensemble de modèles de régression hiérarchique pour la cohorte de la salle de classe inversée seulement, lequel englobait des variables indépendantes ayant trait aux caractéristiques des étudiants et au niveau de participation à la méthode de la salle de classe inversée, a révélé ce qui suit :

- En ce qui touche les notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques, les variables à l'étude sont intervenues pour 45 % de la variance, dont les caractéristiques des étudiants à 42 % et le niveau de participation à 3,5 %. Après prise en compte des autres variables, les facteurs contributifs significatifs étaient le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,47$ ] et le style d'apprentissage par l'intuition [ $\beta = 0,34$ ].
- En ce qui concerne le rendement scolaire dans le cours, les variables sont intervenues pour 69 % de la variance, dont les caractéristiques des étudiants à 64 % et le niveau de participation à 5 %. Après prise en compte des autres variables, les facteurs de contribution significatifs étaient le rendement scolaire préalable [ $\beta = 0,72$ ], la participation moyenne [ $\beta = -0,17$ ] et la faible participation [ $\beta = -0,27$ ].

Les résultats ci-dessus semblent indiquer constamment que le rendement scolaire préalable a constitué le plus important paramètre de prévision des deux résultats d'apprentissage à l'étude, à savoir les capacités de résolution de problèmes analytiques et le rendement scolaire dans le cours. De toute évidence, voilà qui appuie la notion selon laquelle les capacités scolaires des étudiants sont un facteur fondamental quant à leur apprentissage.

L'apport de la présence en classe à l'un et l'autre des résultats d'apprentissage a trait à une autre constatation constante dans tous ces modèles. Une fois les deux cohortes mises en comparaison, il ressort que les étudiants issus du modèle de la salle de classe inversée avaient mieux réussi à résoudre les problèmes analytiques que ceux issus de la méthode « classique ». En ce qui concerne la cohorte de la salle de classe inversée, après prise en compte des autres facteurs tels que le rendement scolaire préalable et le style d'apprentissage, le niveau supérieur de participation au processus de la salle de classe inversée était en corrélation avec une amélioration globale du rendement scolaire dans le cours. Tous ces résultats révèlent l'efficacité de l'enseignement au moyen de la méthode de salle de classe inversée.

Nous avons constaté que les résultats d'apprentissage ont influé passablement sur les capacités de résolution de problèmes analytiques des étudiants, sans toutefois influencer sur leur rendement global dans le cours. Voilà qui donne à penser que si les modes d'apprentissage des étudiants diffèrent quant à la résolution de problèmes et que certaines préférences d'apprentissage ont favorisé l'amélioration de leur capacité en résolution de problèmes, les étudiants sont parvenus à bien réussir dans les domaines où ils ont été évalués en vue de leur note finale, quel que soit le style d'apprentissage privilégié. De façon précise, il ressort que les étudiants orientés vers les théories et la découverte des liens sous-jacents (c.-à-d. l'apprentissage par l'intuition) ont obtenu de meilleurs résultats liés aux capacités de résolution de problèmes que ceux qui ont une pensée concrète et dont l'apprentissage tend vers les faits et les procédés (c.-à-d. l'apprentissage par l'exploration). Peut-être que cette situation indique qu'un amalgame judicieux des styles d'apprentissage avec la nature du cours a favorisé l'amélioration des résultats d'apprentissage.

### *Limites*

Certaines mises en garde s'imposent dans l'interprétation des constatations susmentionnées. Premièrement, les cohortes d'étudiants qui allaient à ce cours avaient probablement obtenu au test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement des notes supérieures à celles de leurs homologues qui suivent un cours semblable dans d'autres universités. Ce fait s'explique en partie par le caractère très sélectif de l'université fréquentée (c.-à-d. l'Université de Toronto) et le fait que les cohortes d'étudiants qui ont pris part à la présente étude étaient globalement excellents à l'université. De plus, les étudiants du programme avaient déjà été initiés à un bon nombre des concepts fondamentaux du cours durant un cours d'initiation en première année. Leur bonne connaissance de la matière était soutenue par leurs notes relativement élevées au test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement, lesquelles se situaient en moyenne à 46 % pour les deux cohortes (tableau 2). Voilà un résultat atypique dans l'évaluation de la progression de l'apprentissage. À titre d'exemple, dans le contexte d'une étude [Ding, Chabay, Sherwood et Beichner (2006)], le résultat au test avant l'enseignement servant à évaluer la progression de l'apprentissage conceptuel par des comparaisons avant et après l'enseignement se fixait à environ 23 %. De plus, les notes relatives à la progression se situent habituellement à environ 25 % dans les cours magistraux sous leur forme classique et elles augmentent pour se fixer entre 50 % et 60 % dans les cours qui englobent les exercices d'apprentissage actif, comme l'enseignement par les pairs [Crouch et Mazur (2001)]. Il se peut que les notes relativement élevées au test sur l'inventaire des concepts avant l'enseignement aient influé sur la variance des notes relatives à la progression en raison de l'effet de plafonnement. Voilà peut-être également une explication quant au fait que la moyenne des notes relatives à la progression dans les tests sur l'inventaire des concepts passés par la cohorte de la salle de classe inversée [ $M = 13,33$ ;  $ET = 41,86$ ] était inférieure à celle de la cohorte du cours sous sa forme classique [ $M = 18,47$ ;  $ET = 48,67$ ] ainsi qu'à la variance très marquée entre les données des deux cohortes.

Deuxièmement, comme nous l'avons mentionné au préalable, la différence de rendement scolaire dans le cours est statistiquement significative entre les deux cohortes, mais cela ne nous donne pas pour autant l'assurance d'en conclure que les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée affichaient un rendement scolaire global supérieur dans le cours. Il en est ainsi parce que nous étions à court de données

statistiques selon lesquelles les propriétés internes des grandes évaluations étaient vigoureusement comparables, étant donné que les questions posées à l'examen de mi-session et à l'examen final étaient différentes. Cependant, le barème de correction et les composantes d'évaluation<sup>8</sup> sont demeurés dans l'ensemble très semblables pour les deux cohortes; de plus, les étudiants ont bénéficié des mêmes conditions quant aux séances de tutorat et aux laboratoires informatiques au cours des deux ans. À ce titre, la prudence est de mise dans l'interprétation des résultats du rendement scolaire dans le cours.

Troisièmement, il convient également de souligner certaines failles au moment de faire passer le test sur l'inventaire des concepts dans la présente étude. Chez l'une et l'autre des cohortes, les étudiants n'ont eu droit qu'à un crédit de 1,5 % pour avoir passé le test : aucune note n'était donnée quant au rendement obtenu à ce test, et on avait dit aux étudiants qu'il n'avait pas besoin d'étudier pour s'y préparer. Quoi qu'il en soit, les deux cohortes ont passé le test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement de façon légèrement différente, ce qui s'est traduit par un facteur de confusion : la cohorte du cours sous sa forme classique a passé l'examen final du cours quatre jours après le test, tandis que celle de la salle de classe inversée l'a passé onze jours avant l'examen final du cours. La proximité du test à l'examen final pour la cohorte du cours sous sa forme classique signifie peut-être que les étudiants de ce groupe ont eu davantage tendance à se mettre à étudier en vue de l'examen final, de sorte qu'ils ont également amélioré leur rendement au test sur l'inventaire des concepts. Il était donc prévu que la cohorte sous sa forme classique était dans l'ensemble mieux préparée à passer ce test que celle de la salle de classe inversée. Nous aurions obtenu une meilleure mesure si les deux tests sur l'inventaire des concepts après l'enseignement avaient été intégrés à l'examen final, comme cela se fait habituellement dans les recherches sur l'enseignement de la physique. Une telle mesure était cependant impossible dans la présente étude pour des raisons de logistique.

## 4 Conclusions

Dans la présente section, nous présentons le sommaire de nos constatations tirées de cette étude sur deux ans. Compte tenu de ces constatations et des expériences que nous avons vécues dans le déroulement de la recherche, nous formulerons également certaines recommandations en vue du recours à la méthode de la salle de classe inversée dans l'enseignement supérieur. Nous concluons le présent rapport par certaines réflexions définitives quant à la présente étude.

### Observations générales

D'après les résultats qui figurent dans le présent rapport, nous avons présenté les observations suivantes à propos des comportements, des perceptions et des résultats d'apprentissage des étudiants lorsque la méthode de la salle de classe inversée était utilisée dans le cours de génie donné en deuxième année.

---

<sup>8</sup> Trois grandes évaluations – un test de session (10 %), un examen de mi-session (20 %) et un examen final (40 %) – étaient prévues dans le cours.

- *L'importance d'un milieu d'apprentissage propice à un appui.* La préoccupation selon laquelle les étudiants avaient l'impression d'être « laissés à eux-mêmes » dans la méthode de la salle de classe inversée ne s'est pas avérée dans la présente étude : plus de 70 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont dit avoir reçu l'appui nécessaire pour bien assimiler la matière du cours et eu la possibilité d'obtenir des réponses à leurs questions. Ces résultats positifs sont peut-être liés aux ressources supplémentaires dont disposait la cohorte de la salle de classe inversée. De telles ressources ne faisaient pas partie de la méthode de la salle de classe inversée, mais elles se sont révélées importantes dans l'apprentissage des étudiants durant l'exécution de la nouvelle méthode pédagogique. De plus, les étudiants ont aimé pour la plupart le fait de pouvoir utiliser les leçons sous forme de vidéo en guise de ressources d'apprentissage avant les séances en classe pour apprendre selon leur propre cadence et de la façon qui leur convient. Plus de 80 % des étudiants dans la méthode de la salle de classe inversée ont considéré les leçons sous forme de vidéo comme une bonne initiation à la matière. Tous ces points font ressortir l'importance d'un milieu d'apprentissage propice à un appui lorsqu'une innovation pédagogique est mise en œuvre.
- *La possibilité accrue de rapports entre les étudiants et le corps professoral.* Nos données quantitatives et qualitatives révèlent que le nouveau mode d'enseignement permettait d'accroître considérablement les rapports entre les étudiants et le corps professoral, ce qui va de pair avec d'autres études à ce chapitre [Foertsch et al. (2002)]. Seuls 25 % des étudiants dans la cohorte de la salle de classe inversée ont dit n'avoir jamais établi de rapports avec le chargé de cours durant les séances en classe, contre 56 % chez les étudiants de la cohorte du cours sous sa forme classique. De plus, 70 % des étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont exprimé de la satisfaction quant au niveau des rapports établis en classe, contre 51 % de ceux de la cohorte du cours sous sa forme classique. La pertinence perçue des rapports entre les étudiants et le corps professoral avait fortement augmenté, quoique selon une marge relativement restreinte (13 %). De telles constatations ont accrédité la notion selon laquelle la salle de classe inversée donne une possibilité accrue de rapports entre les étudiants et le corps professoral [Lage et al. (2000)].
- *L'importance de la participation à la méthode de la salle de classe inversée.* La cohorte de la salle de classe inversée devait regarder de courtes leçons sous forme de vidéo avant de se présenter aux séances en classe. Cette exigence était cruciale pour l'apprentissage des étudiants durant les séances en classe, mais en moyenne 57 % des étudiants s'étaient préparés de cette façon en regardant au moins 70 % de la vidéo s'y rapportant. Faute d'une évaluation vigoureuse de la participation au processus, la présente étude s'est penchée sur le lien entre la mesure dans laquelle les étudiants ont regardé les vidéos avant les séances en classe et la présence en classe pour mesurer leur niveau de participation à la nouvelle démarche d'enseignement. Au moyen de cette mesure, nous avons constaté que seulement 21 % du groupe d'étudiants s'investissaient à fond dans le processus, tandis que 22 % y participaient plus ou moins. Selon toute vraisemblance, le manque d'exposition au processus de la salle de classe inversée a influé sur les perceptions des étudiants quant à la méthode de la salle de classe inversée ainsi qu'à la concrétisation de certains de ces avantages souhaités.

En outre, il y avait une corrélation marquée entre les leçons sous forme de vidéo regardées et la présence en classe [ $r = 0,62$ ]. Celle-ci révèle que les étudiants qui choisissaient d'assister aux séances en classe étaient habituellement ceux qui s'y étaient préparés d'avance, alors que ceux qui n'avaient pas regardé les leçons sous forme de vidéo avant le début des séances en classe étaient moins enclins à y assister. À partir des groupes de discussion, nous avons appris que certains étudiants comprenaient l'utilité de la méthode de la salle de classe inversée, mais qu'ils jugeaient parfois difficile de devoir prévoir du temps dans leurs horaires pour regarder les vidéos. Dès qu'ils accusaient du retard, il était compliqué pour certains d'entre eux de procéder à un rattrapage, ce qui est devenu la raison la plus importante donnée par la cohorte de la salle de classe inversée pour justifier les absences aux séances en classe. Voilà qui fait ressortir l'importance de faire connaître aux étudiants les avantages liés au suivi du cycle d'apprentissage approprié dans le contexte de la salle de classe inversée, de façon à ce qu'ils puissent procéder à des rajustements appropriés et en temps opportun dans la gestion de leur horaire et leurs méthodes d'apprentissage pour accroître leur participation à la nouvelle démarche d'enseignement.

- *Les réactions mitigées.* La réaction des étudiants face à la méthode de la salle de classe inversée était mitigée : certains percevaient les avantages éventuels du nouveau processus et s'y investissaient activement, tandis que d'autres continuaient de manifester une préférence marquée envers la méthode magistrale sous sa forme classique. En effet, seuls 48 % des étudiants, dont l'apprentissage s'était déroulé selon le modèle de la salle de classe inversée, ont dit, à l'issue de la session, préférer la méthode de la salle de classe inversée au mode magistral sous sa forme classique, pendant que 36 % du groupe d'étudiants ont semblé préférer la méthode classique et que 16 % étaient neutres. Plus de la moitié du groupe d'étudiants (56 %) ont souscrit à l'idée selon laquelle la méthode de la salle de classe inversée rend le temps consacré en classe plus agréable que dans une salle de cours sous sa forme classique, et 50 % des étudiants convenaient du fait que leur temps était employé plus efficacement que dans la méthode classique, et ce, tant au cours des séances en classe que dans l'ensemble. Bien que seulement 34 % des étudiants aient souscrit à l'idée selon laquelle l'effort constant requis pour demeurer à jour dans les leçons sous forme de vidéo regardées permettait de réduire le besoin de « se bourrer le crâne » avant les grandes évaluations du cours, il s'agit là d'une minorité assez appréciable pour donner à penser qu'au moins une partie des étudiants ont acquis des habitudes d'étude plus efficaces grâce à la méthode de la salle de classe inversée. En outre, les étudiants de la cohorte de la salle de classe inversée ont semblé apprécier davantage ce nouveau milieu d'enseignement, car les évaluations qu'ils ont faites en lien avec leur enthousiasme à l'issue du cours étaient nettement plus élevées que celles provenant de la cohorte du cours sous sa forme classique; nous pouvons également souligner que 43 % de la cohorte de la salle de classe inversée ont classé le cours parmi leurs deux préférés sur les cinq suivis cette session-là, comparativement à 34 % chez la cohorte du cours sous sa forme classique. D'autres études [Findlay-Thompson et Mombourquette (2014); Post, Deal et Hermanns (2015)] font écho aux réactions mitigées face à la salle de classe inversée dans leurs constations, mais ces réactions n'ont rien d'étonnant lorsqu'il est question d'initiatives novatrices en matière d'enseignement.

- *Les perceptions mitigées quant à la charge de travail.* L'enquête n'a pas fait état de différences statistiquement significatives entre la cohorte du cours sous sa forme classique et celle de la salle de classe inversée quant à la charge de travail perçue dans le cours, mais les commentaires formulés dans les groupes de discussion et en réponse aux questions ouvertes de l'enquête montrent manifestement que la charge de travail accrue aux termes du modèle de la salle de classe inversée a suscité des préoccupations chez une minorité d'étudiants.
- *L'autoefficacité.* Nos données n'ont pas permis d'appuyer notre hypothèse selon laquelle le modèle de la salle de classe inversée rehausserait l'autoefficacité des étudiants en ce qui a trait à l'explication des concepts du cours à autrui, à l'assimilation de la matière du cours, ou aux études faites en génie. Cependant, nous avons constaté que la cohorte de la salle de classe inversée manifestait une confiance nettement supérieure dans leurs interrogations en classe lorsque leur apprentissage n'était pas brusquement interrompu par d'autres engagements scolaires. Voilà qui montre que la méthode de la salle de classe inversée a bel et bien comporté une influence positive sur l'autoefficacité des étudiants dans leur capacité de résolution de problèmes analytiques, même s'il n'en a pas résulté un rehaussement de l'autoefficacité globale en ce qui touche la matière du cours.
- *L'amélioration limitée des résultats d'apprentissage.* Dans la présente étude, nous nous sommes penchés sur cinq indicateurs des résultats d'apprentissage des étudiants : a) le test sur l'inventaire des concepts après l'enseignement; b) la progression des notes obtenues en compréhension conceptuelle avant et après; c) le rendement aux quatre interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques; d) le rendement scolaire dans le cours (c.-à-d. la note finale du cours); e) le test sur la mémorisation des concepts à long terme (mis en place quatre mois suivant la fin du cours). De ces cinq mesures, deux se sont révélées plus statistiquement significatives chez la cohorte de la salle de classe inversée que chez celle du cours sous sa forme classique. De plus, il ressort de la méthode de la salle de classe inversée qu'elle favorise une amélioration des capacités de résolution des problèmes analytiques. La cohorte de la salle de classe inversée a obtenu un rendement nettement supérieur à celui de la cohorte du cours sous sa forme classique dans trois des quatre interrogations communes en classe permettant d'évaluer la capacité des étudiants à résoudre des problèmes de façon analytique. À l'étape de la prise en compte des autres variables, dont le rendement scolaire préalable, le style d'apprentissage et la présence aux séances magistrales, nous avons également constaté que l'avantage du recours à la méthode de la salle de classe inversée correspondait à une progression de 0,17 de l'écart type quant aux notes obtenues aux interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques. De plus, la cohorte de la salle de classe inversée affichait dans les notes finales du cours une moyenne supérieure à celle de la cohorte du cours sous sa forme classique, quoique l'ampleur de l'effet ait été modeste [ $r^2 = 0,01$ ]. Quoi qu'il en soit, l'augmentation des niveaux de participation par le visionnement à intervalles réguliers des leçons sous forme de vidéo et la présence en classe contribue à améliorer le rendement scolaire dans le cours, à l'étape de la prise en compte du rendement scolaire préalable et du style d'apprentissage des étudiants. En ce qui concerne les trois résultats d'apprentissage

permettant d'évaluer la compréhension conceptuelle, nous n'avons pas constaté de différence statistiquement significative entre les notes de la cohorte du cours sous sa forme classique et celle de la salle de classe inversée.

La documentation fait état de résultats mitigés en ce qui touche les résultats d'apprentissage découlant de l'utilisation de la méthode de la salle de classe inversée : certaines sources relatent que les notes finales des étudiants qui apprennent selon le modèle de la salle de classe inversée n'ont pas différé de façon significative de celle des étudiants en apprentissage dans le mode magistral sous sa forme classique [Choi (2013); Harrington, Bosch, Schoofs, Beel-Bates et Anderson (2015); Winter (2013)], tandis que d'autres constatent une amélioration [Horton, Craig, Campbell, Gries et Zingaro (2014); Talley et Scherer (2013)]. Nos constatations vont de pair avec celles des études où les résultats de la cohorte de la salle de classe inversée en ce qui touche la compréhension conceptuelle ne diffèrent pas de façon significative [Lape et al. (2014); Love, Hodge, Grandgenett et Swift (2013); Morin, Kecskemety, Harper et Clingan (juin 2013)]. L'amélioration minimale constatée dans les notes finales de la cohorte de la salle de classe inversée est en phase avec les retombées négligeables de la méthode de la salle de classe inversée sur la compréhension globale de la matière du cours par les étudiants. Il est toutefois utile de savoir que la méthode de la salle de classe inversée a contribué aux compétences en réflexion de niveau supérieur des étudiants, à savoir les capacités de résolution de problèmes. Ce résultat est logique, car des activités d'apprentissage en résolution de problèmes se sont ajoutées aux séances en classe en face à face par suite du recours à la méthode de la salle de classe inversée.

- *L'influence des styles d'apprentissage.* Bien qu'on fasse valoir que la méthode de la salle de classe inversée peut répondre aux besoins des étudiants ayant divers styles d'apprentissage [Lage, Platt et Treglia (2000)], les constatations de la présente étude portent à croire que les styles d'apprentissage font bel et bien la différence dans les perceptions des étudiants quant à la méthode et à certains résultats d'apprentissage. De façon précise, les étudiants qui se sont trouvés à obtenir un meilleur rendement dans un milieu magistral sous sa forme classique avaient tendance à ne pas aimer la méthode de la salle de classe inversée. De plus, il ressort constamment de nos données que dans le contexte particulier du cours de génie physique, les étudiants ayant un style d'apprentissage par l'intuition, une fois orientés vers les théories et la découverte de liens sous-jacents, obtenaient de meilleurs résultats dans les interrogations en classe sur la résolution de problèmes analytiques que ceux ayant un style d'apprentissage par l'exploration de même qu'une pensée concrète et une tendance à apprendre les faits et procédés.

Compte tenu des résultats susmentionnés, il est possible de soutenir que la méthode d'enseignement de la salle de classe inversée a des retombées positives sur l'expérience vécue et les résultats obtenus par les étudiants en matière d'apprentissage, quoique selon une portée limitée dans le cadre de la présente étude. Il importe de ne pas oublier que le chargé de cours et les étudiants en étaient à leur première expérience de la méthode de la salle de classe inversée. Les étudiants, qui se trouvent dans un milieu d'apprentissage magistral et centré sur le chargé de cours, auront vraisemblablement besoin d'un certain temps pour

rajuster leurs méthodes d'apprentissage en fonction d'un seul cours différent où l'apprentissage actif est encouragé et un niveau supérieur de motivation en vue d'un apprentissage autonome est requis.

## Recommandations

La méthode de la salle de classe inversée suppose des changements significatifs qui touchent à la fois le mode d'enseignement du chargé de cours et le mode d'apprentissage des étudiants. Elle exige des étudiants qu'ils assument véritablement la responsabilité de leur processus d'apprentissage. Il est crucial que le chargé de cours fournisse l'appui et la motivation nécessaires afin que les étudiants perçoivent l'utilité de la nouvelle méthode d'apprentissage et s'y investissent pleinement. Voici nos recommandations en vue d'une mise en œuvre réussie de la méthode de la salle de classe inversée :

- *Motiver les étudiants à acquérir de nouvelles techniques d'apprentissage.* L'adhésion des étudiants à la méthode de la salle de classe inversée dans la mise en œuvre de celle-ci constitue une grande épreuve à surmonter. Lorsque les étudiants ne sont pas convaincus des avantages que présente une nouvelle méthode d'enseignement par rapport à leur apprentissage, leur motivation à s'investir dans le processus s'en trouve réduite. Il convient que le chargé de cours communique de façon explicite les attentes à l'égard des étudiants dans le cours et qu'il conscientise pleinement ces derniers aux exigences en lien avec ce changement dans l'enseignement, de telle sorte que les étudiants pourront rajuster en temps opportun leur méthode d'apprentissage en fonction des nouvelles exigences. Le chargé de cours gagnera à présenter certains concepts fondamentaux quant à l'apprentissage efficace, puis à donner aux étudiants des possibilités d'évaluer leur propre style d'apprentissage, d'en faire la critique et de prendre en considération les techniques d'études qui favorisent le plus leur apprentissage.
- *Insister sur l'importance de regarder les leçons sous forme de vidéo avant d'assister aux séances en classe.* La préparation aux séances en classe par le visionnement des vidéos peut à la fois faciliter la présence en classe des étudiants ou nuire à celle-ci. Il est crucial de voir à ce que les étudiants soient préparés sur le plan intellectuel à s'adonner aux activités de résolution de problèmes durant le temps consacré en classe. Une technique utile à ce chapitre, employée dans la mise en œuvre ayant servi à la présente étude, consiste à accorder un pourcentage de la note finale du cours à l'achèvement des interrogations dans les vidéos ou en classe.
- *Concevoir soigneusement les leçons sous forme de vidéo.* Puisque les leçons sous forme de vidéo comportent les renseignements clés que les étudiants doivent connaître avant d'atteindre un niveau cognitif supérieur durant leur présence en classe, il faut créer ces vidéos avec soin, qu'elles soient échafaudées convenablement et que les renseignements y soient présentés clairement. En ce qui touche la conception des vidéos, les « neuf événements d'enseignement » d'après Robert Gagne [Gagne, Wager, Golas et Keller (2004)] de même que la théorie de Richard Mayer sur le traitement de l'information pour optimiser la présentation de l'information en un contexte multimédia [Mayer (2005); Shah, French, Rankin et Breslow (2013)] constituent des ressources utiles.

- *Assurer une transition harmonieuse entre les leçons sous forme de vidéo avant les séances en classe et les expériences d'apprentissage vécues en classe.* En ce qui touche la cohorte de la salle de classe inversée, nous avons constaté d'emblée combien il importe de voir à ce que les expériences vécues en classe s'appuient harmonieusement sur les vidéos regardées avant les séances en classe. De nombreux étudiants dans cette cohorte ont demandé à ce que chaque séance en classe s'amorce par un court sommaire des principaux concepts de la leçon sous forme de vidéo. Pour faciliter ce processus, chaque leçon sous forme de vidéo présentait en conclusion *trois points principaux*, lesquels étaient ensuite résumés et étoffés au début de chaque séance en classe. Les *questions de révision des leçons sous forme de vidéo* étaient souvent intégrées à cette courte révision par l'utilisation d'un système de réaction en classe.
- *Concevoir des activités efficaces en classe pour favoriser l'apprentissage actif.* Bien qu'il importe d'avoir des ressources et activités de grande qualité avant les séances en classe, le mode de gestion du temps consacré en classe par le chargé de cours est encore plus important. Il peut se révéler éprouvant de créer des activités efficaces d'apprentissage actif puis de les animer, en particulier dans un grand amphithéâtre de type classique qui, par son architecture, n'est pas propice à l'apprentissage en collaboration. L'article des auteurs Menekse, Stump, Krause, et Chi paru en 2013 à propos des *Differentiated Overt Learning Activities* (DOLA) présente un cadre général utile pour la conception de telles expériences en lien avec l'apprentissage actif.
- *Fournir un milieu d'apprentissage propice à un appui.* L'instauration d'un changement en matière d'enseignement constitue une tâche difficile, tant pour les étudiants que le chargé de cours. Un milieu d'apprentissage où les étudiants estiment qu'ils sont appuyés joue un rôle crucial dans la réussite de leur apprentissage. Le milieu d'apprentissage propice à un appui peut être nourri par la prestation de ressources d'apprentissage supplémentaires, l'énonciation claire des objectifs aux résultats d'apprentissage du cours et, point peut-être le plus important, la présence d'un chargé de cours qui a véritablement à cœur l'apprentissage des étudiants. Le chargé de cours peut instaurer des voies de communication ouvertes afin de recueillir ponctuellement la rétroaction donnée anonymement par les étudiants à propos de la méthode d'enseignement, de façon à apporter au besoin de petites améliorations et à ce que les étudiants puissent assumer une responsabilité accrue quant à la conception du cours. Lorsqu'il s'agit de groupes d'étudiants nombreux, de bons adjoints à l'enseignement constituent également des composantes cruciales au sein d'un milieu qui favorise l'apprentissage.
- *Envisager l'utilisation avec souplesse de la méthode de la salle de classe inversée.* Plutôt que de convertir la séance en classe complète, le chargé de cours pourra peut-être envisager l'utilisation de la méthode de la salle de classe inversée pour une partie de la séance en classe ou pour un ensemble de thèmes. La production, la création, la révision, le téléversement et la gestion de 30 à 35 leçons sous forme de vidéo et les interrogations connexes qui sont nécessaires au déroulement d'un seul cours durant la session exigent une quantité de travail considérable. De plus, il ne faut ménager ni les prises en considération, ni les efforts dans la création d'activités efficaces en classe. Il est peut-être plus opportun de convertir quelques cours magistraux durant la session ou d'axer la

conversion sur un thème en particulier. Une autre option consiste à « impartir » le contenu des leçons sous forme de vidéo par l'utilisation du vaste ensemble de documents en ligne actuellement accessibles à tous en vue d'y recourir de façon plus active durant le temps consacré en classe.

## Réflexions définitives

Le recours à la technologie pour rehausser l'expérience d'apprentissage des étudiants dans l'enseignement supérieur suscite un intérêt croissant. Dans la foulée de la perception croissante de la science sous-jacente à l'apprentissage, de plus en plus de chargés de cours dans l'enseignement supérieur sont à la recherche d'autres moyens par lesquels employer plus efficacement le temps consacré aux étudiants, et certains perçoivent la technologie comme une partie potentielle de la solution à cet égard. Bien que la motivation des chargés de cours puisse varier, il existe quelques idéaux communs dont la concrétisation est recherchée dans nos expériences d'enseignement auprès des étudiants. Nous espérons inspirer les étudiants afin qu'ils s'investissent dans la matière de leur propre chef et à l'extérieur des séances en classe. Nous attendons des étudiants qu'ils soient un peu plus avisés à l'issue de nos séances en classe, c'est-à-dire que leur compréhension accrue de la matière, voire un simple éclairage à ce chapitre, produisent sur eux une impression les poussant à continuer d'intégrer les concepts à leur propre base de connaissances en plein essor. Nous nous efforçons également de constituer de bons modèles pour eux en ce qui touche nos modes de pensée, d'apprentissage, d'analyse des problèmes et de conduite, peut-être d'une façon qui se rapporte à la discipline. Par conséquent, quel que soit le moyen par lequel la technologie est appliquée à l'enseignement, il faut y recourir avec détermination de sorte que nous pourrions mieux nous concentrer sur les idéaux susmentionnés ou traiter ceux-ci avec une efficacité accrue.

Telle était la motivation sous-jacente à la transition vers la méthode de la salle de classe inversée dans le cadre du cours qui constituait l'objet de la présente étude. Cette transition met également en relief deux forces qui alimentent le changement pédagogique dans l'enseignement supérieur : l'une provoquée par la nouvelle technologie, et l'autre façonnée par la nouvelle vision de ce qui représente un « bon apprentissage » [Fink (2003)].

La conception de l'enseignement fondée sur la méthode de la salle de classe inversée dans la présente étude a permis au chargé de cours ce qui suit :

- intégrer des activités d'apprentissage actif davantage axées sur les étudiants;
- favoriser en classe l'apprentissage en collaboration dirigé par les étudiants;
- habiliter les étudiants à assumer une responsabilité accrue quant à leur apprentissage et acquérir des compétences personnalisées en vue d'un apprentissage permanent;
- prêter davantage attention à la résolution de problèmes durant le temps consacré en classe en face à face;
- concevoir la progression de l'apprentissage au moyen d'un échafaudage approprié et de l'intégration au cadre actuel de connaissances des étudiants;
- donner de la rétroaction formative ponctuelle et efficace au moyen du processus d'apprentissage;

- mettre en contexte la matière en vue d'accroître la motivation des étudiants et d'approfondir l'étude à ce chapitre.

Tous ces efforts témoignent d'une transition vers un nouveau paradigme pédagogique centré sur l'étudiant dans l'enseignement supérieur, où les étudiants sont perçus comme des constructeurs actifs du savoir et dans lequel les compétences et talents des étudiants sont au cœur du développement [Campbell et Smith (1997)].

Nous avons cherché au moyen de la présente étude à évaluer les retombées de la méthode de la salle de classe inversée sur les comportements, perceptions et résultats d'apprentissage des étudiants. Pour ce faire, nous avons recouru à diverses évaluations (voir le tableau 2 et le tableau A-1, annexe A). Histoire de faire preuve d'une rigueur raisonnable dans l'analyse, nous avons utilisé diverses méthodes statistiques. Toute cette démarche révèle la complexité propre à la conception de la recherche visant à évaluer les retombées d'une nouvelle démarche d'enseignement.

Nous sommes d'avis que notre étude permet d'étoffer la documentation croissante sur le recours à la méthode de la salle de classe inversée pour les raisons suivantes :

- Il s'agit d'une évaluation exhaustive et systématique des comportements et des perceptions modifiés chez les étudiants ayant trait à la méthode de la salle de classe inversée de même qu'à leurs résultats d'apprentissage.
- En ce qui touche l'évaluation des résultats d'apprentissage, notre étude se situe au-delà de la pratique courante qui consiste à s'appuyer sur les notes finales en guise d'indicateur fondamental des résultats pour englober plusieurs outils supplémentaires afin de mesurer la compréhension conceptuelle et les capacités de résolution de problèmes analytiques.
- Parce que chacune des cohortes comportait plus de 300 étudiants, les constatations s'appuient sur un échantillon dont la taille est relativement importante, supérieure à celle dans la grande majorité des études, dont les auteurs O'Flaherty et Philips (2015) étudient la portée. À vrai dire, les tailles de l'échantillon ont varié dans les analyses de régression selon les différentes variables comprises.
- La méthode d'enseignement a été soigneusement conçue d'après les principaux principes intégrés à la méthode de la salle de classe inversée, et les évaluations ont été exécutées à dessein pour fins de comparaison, bien qu'il y ait quelques failles.
- Nous avons examiné et évalué la participation des étudiants à la nouvelle démarche. Or, la documentation actuelle semble faire abstraction de cette composante.

Nous espérons que la présente étude, bien qu'elle se soit déroulée dans un seul cours de génie physique donné par un seul chargé de cours, permette d'accroître la compréhension entre les chargés de cours et les chercheurs quant aux avantages et aux difficultés ayant trait à la mise en œuvre de la méthode de la salle de classe inversée ainsi qu'à ses retombées sur les expériences et les résultats d'apprentissage des étudiants. Parmi les leçons que nous avons tirées dans le déroulement de l'étude, il y a le recours à plusieurs outils et méthodes d'évaluation afin de mesurer les différents résultats d'apprentissage, ainsi que la documentation

consciencieuse des détails de la mise en œuvre, tant en ce qui concerne la méthode classique et les nouvelles méthodes d'utilisation au fur et à mesure de leur utilisation.

Il existe de nombreuses bonnes raisons qui portent à croire que la méthode de la salle de classe inversée favorise une amélioration des expériences d'apprentissage chez les étudiants et contribue au rehaussement de leurs résultats d'apprentissage, tel qu'il est discuté au début du présent rapport. Toutefois, à partir des constatations de la présente étude, ou qui découlent des autres études, nous ne sommes pas encore en mesure de dégager un consensus quant aux retombées de cette méthode, en particulier sur les résultats d'apprentissage. D'autres études de recherche sont nécessaires à cet égard.

En ce qui concerne les prochaines études à ce sujet, voici nos suggestions. Premièrement, bien que le modèle « groupe témoin-groupe expérimental » exécuté au cours d'années parallèles ou successives (tel est le cas dans la présente étude) soit employé fréquemment pour évaluer les retombées d'une nouvelle méthode d'enseignement, il serait utile de recourir à un modèle longitudinal relatif à une période prolongée d'observations des perceptions et des résultats, dans l'optique de tirer des conclusions rigoureuses quant aux retombées. Deuxièmement, les capacités en résolution de problèmes semblent une progression prometteuse dans le contexte de la méthode de la salle de classe inversée, comme en témoigne la présente étude. Il faudra faire d'autres recherches pour confirmer cette constatation et étudier en quoi la méthode de la salle de classe inversée favorise ce domaine en particulier. Troisièmement, il y a lieu de procéder à l'évaluation des retombées lorsque le chargé de cours aura acquis davantage d'expérience dans l'utilisation de la méthode de la salle de classe inversée et que la cohorte d'étudiants sera davantage au fait de ce que la méthode exige d'eux. On en arrivera alors à des constatations plus convaincantes que celles de la présente étude, lesquelles se rapportent à la toute première mise en pratique de la méthode. Quatrièmement, parce que la méthode de la salle de classe est inversée est propice à de nombreux résultats sur les plans affectif et cognitif, notamment le développement de la pensée critique, des compétences liées au travail en collaboration et en équipe, de la résilience et de l'automotivation, de l'intégration, et des compétences propres à l'apprentissage permanent, ceux-ci pourront faire l'objet d'une évaluation des résultats dans le modèle de la salle de classe inversée. Cinquièmement, il convient d'y aller de tentatives de recherche du même ordre dans le contexte des autres disciplines ou champs d'étude au sein des établissements d'enseignement postsecondaire de l'Ontario.

Enfin, la présente étude n'a pas pour objet d'évaluer les retombées de la technologie en soi sur l'apprentissage des étudiants, mais nos réflexions sur le processus de mise en œuvre de la méthode de la salle de classe inversée indiquent que la technologie a bel et bien facilité la réussite dans la mise en application de cette méthode. Durant deux ans, un ensemble d'outils informatiques, comme les tablettes, les applets, les iclickers, les vidéos, les forums de discussion en ligne et les mécanismes de rétroaction, ainsi que d'autres documents et contenus en ligne ont servi tout au long du cours. Ceux-ci n'étaient pas utilisés pour la forme; on voyait plutôt à bien les intégrer aux processus d'enseignement et d'apprentissage afin de concrétiser les avantages de la salle de classe inversée.

Cela dit, nous ne faisons pas valoir que le recours à la technologie pédagogique en soi entraînera une différence dans les expériences et les résultats d'apprentissage des étudiants. De fait, le recours à la

technologie ne constitue qu'une facette de la stratégie employée pour en arriver à certaines fins pédagogiques. Dans le processus d'utilisation de la méthode de la salle de classe inversée, tant la motivation des étudiants envers l'apprentissage que les compétences pédagogiques du corps professoral, notamment la conception de leçons sous forme de vidéo et la gestion en classe permettant d'intégrer les activités d'apprentissage actif, sont importants.

À l'exemple de toute innovation pédagogique, le recours à la méthode de la salle de classe inversée ne constitue pas en soi une solution. Il s'agit d'un outil, d'un véhicule qui peut permettre aux étudiants de s'approprier une démarche de compréhension à vie, grâce au soutien de leurs chargés de cours et de leurs pairs. La prudence s'impose dans sa mise en application, compte tenu de l'expérience globale des étudiants et du fait qu'elle demeure une technique naissante d'enseignement et d'apprentissage aux yeux des étudiants et des chargés de cours. Il faut en apprendre et en communiquer davantage sur sa mise en œuvre judicieuse. Toutefois, nous prévoyons que plus l'accès à la technologie et à l'architecture favorisant la mise en œuvre de cette méthode s'élargira, plus les étudiants et les chargés de cours en viendront à adopter l'apprentissage et l'enseignement selon ce modèle, de sorte que le potentiel de la méthode s'en trouvera pleinement concrétisé.

## Bibliographie

- Astin, W. (1991), *Assessment for excellence: The philosophy and practice of assessment and evaluation in higher education*, New York, Maxwell Macmillan.
- Bates, S. et R. Galloway (avril 2012), « The inverted classroom in a large enrolment introductory physics course: a case study », *Proceedings Higher Education Academy STEM Conference*, Londres (Angleterre).
- Bishop, J. L. et M. A. Verleger (2013), « The Flipped Classroom: A Survey of the Research », *Proceedings of 2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta (Georgie).
- Bloom, B. S. (1956), *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals*, New York (New York), D. McKay.
- Campbell, W. E. et K. A. Smith (1997), *New Paradigms for College Teaching*, Edina (Minnesota), Interaction Book Company.
- Chasteen, S. V., Pollock, S. J., Pepper, R. E. et K. K. Perkins (2012), « Transforming the junior level: Outcomes from instruction and research in E&M, dans *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, vol. 8 n° 2.
- Chickering, A. W. et Z. F. Gamson (1987), *Seven principles for good practice in undergraduate education*. Consulté le 3 janvier 2014, au <http://wwwtemp.lonestar.edu/multimedia/SevenPrinciples.pdf> (site en anglais seulement)
- Choi, E. M. (2013), « Applying Inverted Classroom to Software Engineering Education », dans *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, vol. 3 n° 2, p. 122-125.
- Crouch, C. H. et E. Mazur (2001), « Peer Instruction: Ten years of experience and results », dans *American Journal of Physics*, vol. 69 n° 9, p. 970-977.
- D., H., Craig, M., Campbell, J., Gries, P. et D. Zingaro. (2014), « Comparing outcomes in inverted and traditional CS1 », *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education (ITiCSE '14)* (p. 261-266), Uppsala (Suède), ACM.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. et R. Beichner (2006), « Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment », dans *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, vol. 2 n° 1, p. 1-7.
- Educause (s.d.), Things you should know about: Flipped classrooms. Consulté le 9 mai 2014, au : <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/eli7081.pdf> (site en anglais seulement)

- Felder, R. M. et B.A. Soloman (s.d.), *Index of Learning Styles Questionnaire*. Consulté le 14 mars 2014, au <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html> (site en anglais seulement)
- Felder, R. M. et J. Spurlin (2005), « Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles », dans *International Journal of Engineering Education*, vol. 21 n° 1, p. 103-112.
- Felder, R. et R. Brent (2005), « Understanding Student Differences », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 94 n° 1, p. 57-72.
- Findlay-Thompson, S. et P. Mombourquette (2014), « Evaluation of a flipped classroom in an undergraduate business course », dans *Business Education & Accreditation*, vol. 6 n° 1, p. 63-71.
- Fink, L. D. (2003), *Creating significant learning experiences*, New York, Jossey-Bass.
- Fitzpatrick, J. (2004), « Evaluating teaching effectiveness », dans *Nursing Education Perspective*, vol. 25 n° 3, p. 109.
- Foertsch, J., Moses, G., Strikwerda, J. et M. Litzkow (2002), « Reversing the lecture/homework paradigm using eTEACH web-based streaming video software », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 91 n° 3, p. 267-274.
- Gagne, R. M., Wager, W. W., Golas et J. M. Keller (2004), *Principles of Instructional Design*, Belmont (Californie), Wadsworth.
- 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. 6 n° 64.
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K. et K. Arfstrom (30 septembre 2014), *The Flipped Learning Model: A White Paper Based on the Literature Titled A Review of Flipped Learning*. Extrait de : [http://www.flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domain/41/WhitePaper\\_Flipped Learning.pdf](http://www.flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domain/41/WhitePaper_Flipped Learning.pdf) (site en anglais seulement)
- Harrington, S. A., Bosch, M. V., Schoofs, N., Beel-Bates, C. et K. Anderson (2015), « Quantitative Outcomes for Nursing Students in a Flipped Classroom », dans *Nursing Education Perspectives*, vol. 36 n° 3, p. 179-181.
- Harris, D. N. (2009), « Teacher value-added: Don't end the search before it starts », dans *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 18 n° 4, p. 693-699.
- Hays, W. (1994), *Statistics* (5<sup>e</sup> éd.), Fort Worth (Texas), Harcourt Brace College Publications.

- Horton, D., Craig, M., Campbell, J., Gries, P. et D. Zingaro (2014), « Comparing outcomes in inverted and traditional CS1 », *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education (ITiCSE '14)* (p. 261-266), Uppsala (Suède), ACM.
- Collège Humber (s.d.), Flipped Classroom, Toronto (Ontario) Canada. Consulté le 2 janvier 2014, au : <http://humber.ca/centreforteachingandlearning/instructional-strategies/teaching-methods/course-development-tools/flipped-classroom.html#ScrollHere> (site en anglais seulement)
- Lage, M., Platt, G. et M. Treglia (2000), « Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment », dans *Journal of Economic Education*, vol. 31 n° 1, p. 30-43.
- Lane, J., Lane, A. et A. Kyprianou (2004), « Self-efficacy, self-esteem, and their impact on academic performance », dans *Social Behaviour and Personality*, vol. 32 n° 3, p. 247-256.
- Lape, N., Levy, R., Yong, D., Haushalter, K., Eddy, R. et N. Hankel (2014), « Probing the Inverted Classroom: A Controlled Study of Teaching and Learning », *Proceedings of 2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, Indianapolis (Indiana), ASEE.
- Litzinger, T. A., Lee, S. H., Wise, J. C. et R. M. Felder (2007), « A Psychometric Study of the Index of Learning Styles© », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 96 n° 4, p. 309-319.
- Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N. et A. W. Swift (2013), « Student Learning and Perceptions in a Flipped Linear Algebra Course », dans *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 45 n° 3.
- MacPhee, D., Farro, S. et S. S. Canetto (2013), « Academic Self-Efficacy and Performance of Underrepresented STEM Majors: Gender, Ethnic, and Social Class Patterns », dans *Analyses of Social Issues and Public Policy*, vol. 13 n° 1, p. 347-369.
- Marra, R. M., Rodgers, K. A., Shen, D. et B. Bogue (janvier 2009), « Women Engineering Students and Self-Efficacy: A Multi-Year, Multi-Institution Study of Women Engineering Student Self-Efficacy », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 98 n° 1, p. 27-38.
- Mayer, R. E. (2005), « The Cambridge Handbook of Multimedia Learning », dans R. E. Mayer (éd.), Cambridge, Cambridge University Press.
- McClelland, C. J. (juin 2013), « Flipping a Large-enrollment Fluid Mechanics Course – Is it Effective? », *Proceedings 2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta (Georgie).
- Menekse, M., Stump, G., Krause, S. et M. Chi (juillet 2013), « Differentiated Overt Learning Activities for Effective Instruction in Engineering Classrooms », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 102 n° 3, p. 346-374.

- Morin, B., Kecskemety, K. M., Harper, K. A. et P. A. Clingan (juin 2013), « The Inverted Classroom in a First-Year Engineering Course », *Proceedings 2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta (Georgie).
- Notaros, B. M. (2002), « Concept Inventory Assessment Instruments for Electromagnetic Education », *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, San Antonio.
- Ossman, K. A. et G. W. Bucks (2014), « Effect of flipping the classroom on student performance in first year engineering courses », *Proceedings of 2014 ASEE Conference & Exposition*, Indianapolis (Indiana), ASEE.
- Papadopoulos, C. et A. Roman (2010), « Implementing an inverted classroom model in engineering statics: Initial results », *Proceedings of 2010 ASEE Annual Conference & Exposition*, Louisville (Kentucky).
- Post, J. L., Deal, B. et M. Hermanns (2015), « Implementation of a flipped classroom: Nursing students' perspectives », dans *Journal of Nursing Education and Practice*, vol. 5 n° 6, p. 25-30.
- Prince, M. (2004), « Does Active Learning Work? A Review », dans *Journal of Engineering Education*, vol. 93 n° 3, p. 223-231.
- Rockoff, J. et C. Speroni (2010), « Subjective and objective evaluations of teacher effectiveness », *American Economic Review: Papers & Proceedings* 100, p. 261-266.
- Shah, D., French, J., Rankin, J. et L. Breslow (2013), « Using Video to Tie Engineering Themes to Foundational Concepts », *Proceedings of 2013 Annual ASEE Conference & Exposition*, Atlanta (Georgie).
- Sherry, B. et P. Skillen (21 février 2013), « Flipped Classroom - The Basics », Ontario (Canada). Consulté le 9 mai 2014, au <http://www.otffeo.on.ca/en/learning/otf-connects/resources/flipped-classroom-the-basics/> (contenu en anglais seulement)
- Sousa, D. A. (2011), *How the Brain Learns* (4<sup>e</sup> éd.), Thousand Oaks (Californie), Corwin.
- Stickel, M. (juin 2014). « Teaching Electromagnetism with the Inverted Classroom Approach: Student Perceptions and Lessons Learned », *Proceedings 2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, Indianapolis (Indiana).
- Stickel, M., Liu, Q. et S. Hari (juin 2014), « The Effect of the Inverted Classroom Teaching Approach on Student/Faculty Interaction and Students' Self-Efficacy », *Proceedings 2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, Indianapolis (Indiana).
- Tabachnick, B.G. et L. S. Fidell (2007), *Using Multivariate Statistics*, Boston, Pearson/Allyn & Bacon.

Talbert, R. (2011), « Inverting the Classroom, Improving Student Learning ». Consulté le 3 janvier 2013, au : <http://www.slideshare.net/rtalbert/inverting-the-classroom-improving-student-learning> (site en anglais seulement)

Talbert, R. (30 avril 2014), *Flipped Learning Skepticism: Can Students Really Learn on their Own?* Extrait de Casting Out Nines: <http://chronicle.com/blognetwork/castingoutnines/2014/04/30/flipped-learning-skepticism-can-students-really-learn-on-their-own/> (site en anglais seulement)

Talley, C. et S. Scherer (2013), « The Enhanced Flipped Classroom: Increasing Academic Performance with Student-recorded Lectures and Practice Testing in a "Flipped" STEM Course », dans *The Journal of Negro Education*, vol. 82 n° 3, p. 339-347.

Watters, A. (28 novembre 2012). *Top Ed-Tech Trends of 2012: The Flipped Classroom*. Extrait de : <http://hackeducation.com/2012/11/28/top-ed-tech-trends-of-2012-flipped-classroom/> (site en anglais seulement)

Winter, J. (2013), *The effect of the flipped classroom model on achievement in an introductory college physics course*, Mississippi State University.

