

Titre: Étude comparative des performances académiques d'étudiants exposés à une classe inversée ou traditionnelle : Méthodologie et résultats préliminaires
Title:

Auteurs: Patrick Terriault, Anastassis Kozanitis, & Patrice Farand
Authors:

Date: 2022

Type: Communication de conférence / Conference or Workshop Item

Référence: Terriault, P., Kozanitis, A., & Farand, P. (juin 2022). Étude comparative des performances académiques d'étudiants exposés à une classe inversée ou traditionnelle : Méthodologie et résultats préliminaires [Communication écrite]. Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG) Conference, York University. Publié dans Proceedings of the ... CEEA Conference.
Citation: <https://doi.org/10.24908/pceea.vi.15869>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/55679/>
PolyPublie URL:

Version: Révisé par les pairs / Refereed

Conditions d'utilisation: CC BY-NC-SA
Terms of Use:

 **Document publié chez l'éditeur officiel**
Document issued by the official publisher

Nom de la conférence: Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG) Conference
Conference Name:

Date et lieu: 2022-06-18 - 2022-06-22, York University
Date and Location:

Maison d'édition:
Publisher:

URL officiel: <https://doi.org/10.24908/pceea.vi.15869>
Official URL:

Mention légale: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
Legal notice:

ÉTUDE COMPARATIVE DES PERFORMANCES ACADÉMIQUES D'ÉTUDIANTS EXPOSÉS À UNE CLASSE INVERSÉE OU TRADITIONNELLE : MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Patrick Terriault¹, Anastassis Kozanitis², and Patrice Farand³

¹École de technologie supérieure, ²Université du Québec à Montréal, ³Polytechnique Montréal
patrick.terriault@etsmtl.ca, kozanitis.anastassis@uqam.ca, p.farand@polymtl.ca

Résumé – La classe inversée gagne sans cesse en popularité depuis quelques années et des études montrent que les étudiants obtiennent généralement de meilleurs résultats académiques lorsqu'ils sont exposés à une classe inversée comparativement à une classe traditionnelle. Cependant, un aspect qui n'a pas vraiment été pris en compte jusqu'à présent concerne le temps que les étudiants consacrent à leurs apprentissages. En effet, certaines études soulèvent la possibilité que les meilleures performances académiques des étudiants exposés à une classe inversée soient la conséquence d'une charge de travail accrue, et non celle de la stratégie pédagogique proprement dite. Dans le but d'alimenter la littérature scientifique de données probantes sur cette question, une étude a été réalisée dans un cours obligatoire du programme de génie mécanique de l'École de technologie supérieure. Le cours a été simultanément offert à deux groupes distincts en conservant identique un maximum d'éléments comme les évaluations, le matériel pédagogique et le personnel enseignant. En fait, la seule différence entre les deux groupes est la stratégie pédagogique employée lors des séances de cours théoriques, soit une classe inversée pour un groupe et classe traditionnelle pour l'autre. Tout au long de la session, des données ont été collectées, notamment les évaluations faites par le professeur ainsi que le temps consacré aux études autodéclaré hebdomadairement par les étudiants. Une analyse préliminaire des résultats indique que les performances académiques des étudiants sont similaires entre les deux classes, mais qu'une différence émerge au niveau du temps consacré aux études. En effet, les étudiants ayant une moyenne cumulative élevée ont consacré moins de temps à leurs apprentissages dans la classe inversée, contrairement aux étudiants ayant une faible moyenne cumulative. En considérant les notes et le temps consacré aux études, les étudiants ayant une forte moyenne cumulative ont donc été plus efficaces dans la classe inversée, tandis que ceux ayant une faible moyenne cumulative l'ont été dans la classe traditionnelle.

Mots clés : Classe inversée, performances académiques, temps consacré aux études, concept d'efficacité.

1. INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, la classe inversée a été adoptée dans l'enseignement du génie par un nombre sans cesse croissant d'enseignants. Selon Al Mamun et coll. [2], le stade de croissance exponentielle a été atteint. Le nombre de publications qui relatent des études sur la performance des étudiants exposés à une classe inversée commence à être suffisamment significatif pour pouvoir espérer en dégager des tendances. La méta-analyse de Lo et Hew [7] montre que les étudiants obtiennent généralement de meilleurs résultats académiques lorsqu'ils sont exposés à une classe inversée comparativement à une classe traditionnelle. Cependant, les études citées dans cette méta-analyse reposent souvent sur des comparaisons de performances académiques d'étudiants provenant de cours offerts à des sessions ou années différentes. Les comparaisons peuvent alors être biaisées, car les outils d'évaluation et les enseignants ne sont généralement pas identiques entre les groupes. De plus, comme le soulignent Brewer et Movahedazarhouligh [5], plusieurs étudiants se plaignent que la charge de travail dans une classe inversée est supérieure à celle exigée dans une classe traditionnelle. Il est donc légitime de se questionner à savoir si les meilleures performances académiques des étudiantes ne sont pas simplement le résultat d'une charge de travail accrue plutôt que d'un effet associé à la stratégie pédagogique proprement dite. Comme Morin et coll. [8], nous croyons que le temps consacré aux études, aspect peu documenté dans la littérature scientifique à ce jour, mérite d'être étudié plus en profondeur. L'analyse simultanée de ces deux variables, temps consacré aux études et performances académiques, pourrait donc ultimement permettre de quantifier l'efficacité d'une stratégie pédagogique, c'est-à-dire celle qui permet aux étudiants de maximiser leurs performances académiques tout en minimisant le temps consacré à leurs études.

Dans le but d'alimenter la littérature scientifique de données probantes concernant l'efficacité de la classe inversée par rapport à celle de la classe traditionnelle, cette publication présente une étude réalisée durant la session d'automne 2021. L'objectif est de déterminer quelle stratégie pédagogique (classe inversée ou traditionnelle)

permet aux étudiants d'être le plus efficace dans un cours obligatoire de génie mécanique et si la tendance est la même peu importe la moyenne académique des étudiants.

Cette publication présente d'abord le cadre théorique de l'étude. Par la suite, après avoir élaboré les aspects méthodologiques du projet de recherche, les résultats sont présentés puis analysés de manière préliminaire dans la discussion. Enfin, la conclusion présentera les pistes à suivre pour approfondir le traitement et l'analyse de données collectées.

Puisque la présente étude repose sur une collecte de données générées par des étudiants, le comité d'éthique de la recherche de l'École de technologie supérieure (certificat H20210410) ainsi que le Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains de l'Université du Québec à Montréal (certificat 4938) ont préalablement fourni leur approbation.

2. CADRE THÉORIQUE

Encore de nos jours, l'enseignement du génie repose majoritairement sur ce qui est appelé ici une classe traditionnelle, c'est-à-dire une stratégie pédagogique où l'enseignant utilise l'exposé magistral pour transmettre ses connaissances aux étudiants. Selon Nelson et Brennan [9], environ 95% des cours en ingénierie au Canada reposent sur cette stratégie pédagogique. Comme le précise Talbert [13], la classe traditionnelle présente une certaine anomalie dans le sens où les activités d'apprentissage de bas niveau cognitif selon la taxonomie révisée de Bloom [4] (1. Mémoriser, 2. Comprendre et 3. Appliquer) se déroulent en classe en présence de l'enseignant, alors que celles de plus hauts niveaux cognitifs (4. Analyser, 5. Évaluer et 6. Créer) doivent généralement être réalisées à la maison sans l'assistance immédiate de l'enseignant.

La classe inversée est une stratégie pédagogique qui, selon Abeysekera et Dawson [1], déplace à l'extérieur de la salle de classe toute activité transmissive d'information de bas niveau cognitif que l'étudiant doit assimiler sans la présence de son enseignant. Ainsi, le temps en classe peut être exploité pour des activités d'apprentissage de haut niveau cognitif réalisées dans un contexte social (par exemple en faisant travailler les étudiants en équipe), et cela avec le support immédiat de l'enseignant. La classe inversée permet donc de mieux utiliser le potentiel de l'enseignant expert, soit d'accompagner ses étudiants dans l'exécution de tâches complexes. Deux théories peuvent être évoquées pour justifier les bienfaits potentiels d'une classe inversée.

Dans un premier temps, la théorie de la charge cognitive de Sweller et coll. [12] met en lumière les capacités cognitives limitées d'un être humain quand vient le temps d'assimiler des nouveaux concepts. Si le flux d'entrée de ceux-ci est trop rapide, les apprentissages sont interrompus et la personne tombe dans un état de surcharge cognitive. Cette situation peut facilement survenir durant

un exposé magistral d'une classe traditionnelle où tous les étudiants doivent assimiler la nouvelle matière au même rythme dans un temps relativement restreint. En optant pour une classe inversée où des activités d'apprentissage sont réalisées à la maison avant une séance de cours, les étudiants peuvent apprendre à leur propre rythme et ainsi éviter la surcharge cognitive.

Dans un second temps, la théorie de l'autodétermination de Ryan et Deci [11] identifie des besoins psychologiques fondamentaux à satisfaire pour augmenter la motivation et la réussite des étudiants, en l'occurrence les besoins d'autonomie, de compétence et de relations sociales. Or, une planification judicieuse des activités d'apprentissage d'une classe inversée peut justement satisfaire ces besoins en permettant aux étudiants de se sentir autonomes et compétents en réalisant avec succès des activités préparatoires à la maison et de développer des liens sociaux durant les activités en classe réalisées en équipe.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Contexte

Située à Montréal, l'École de technologie supérieure (ÉTS) est l'une des onze constituantes du réseau de l'Université du Québec. Elle compte plus de 12 800 étudiants, dont plus de 8 600 au premier cycle majoritairement répartis dans l'un des sept programmes de génie. Ces programmes sont coopératifs, de telle sorte que les étudiants doivent réaliser trois stages rémunérés de quatre mois chacun en entreprise durant le baccalauréat. Aucun contingentement n'est appliqué lors de l'admission des étudiants en vertu de la mission de l'ÉTS.

L'expérimentation décrite dans cette publication implique des étudiants du cours MEC423, un cours sur la méthode des éléments finis appliquée aux analyses structurales de composantes soumises à des chargements mécaniques et thermiques. Les étudiants y apprennent les fondements théoriques de la méthode des éléments finis, résolvent des problèmes relativement simples en développant une solution manuscrite ou en rédigeant un programme avec le langage MATLAB et simulent des problèmes plus complexes en utilisant le logiciel commercial ANSYS. Ce cours est obligatoire dans le programme de génie mécanique de l'ÉTS et est offert environ huit fois par année à raison de deux ou trois fois à chacune des trois sessions d'un cycle universitaire (hiver, été et automne). Le cours est situé dans le programme à la quatrième session du parcours académique qui en compte normalement huit, en excluant les trois sessions de stage. Ce cours prévoit une charge hebdomadaire de douze heures, incluant un bloc de trois heures consécutives de cours théorique dans une salle de classe standard, un autre bloc de trois heures consécutives de travaux pratiques dans un laboratoire informatique et six heures de travail personnel à la maison.

3.2. Activités d'apprentissage

Dans cette étude, deux groupes du cours MEC423 de l'automne 2021 sont comparés en ce qui a trait à la performance académique et à l'efficacité des étudiants. Le premier groupe a suivi le cours offert en classe inversée, tandis que l'autre l'a suivi en classe traditionnelle. Les éléments suivants ont été identiques entre les classes :

- Encadrement des étudiants lors des séances de cours théoriques par le même professeur ayant une expérience significative avec l'enseignement de MEC423 en classes traditionnelle (à plus de 15 reprises) et inversée (à 5 reprises) ;
- Encadrement des étudiants lors des séances de travaux pratiques par le même auxiliaire d'enseignement ;
- Contenu et déroulement des séances de travaux pratiques où les étudiants apprennent à utiliser le logiciel d'éléments finis ANSYS ;
- Projet de session réalisé individuellement à la maison ;
- Matériel pédagogique rendu disponible aux étudiants des deux groupes :
 - 12 chapitres de notes de cours rédigés par le professeur présentant le contenu théorique du cours, des exemples résolus et des exercices,
 - 29 capsules vidéo dans lesquels les chapitres des notes de cours sont résumées, certains exercices théoriques sont résolus et des démonstrations avec le logiciel ANSYS sont présentées ;
- Éléments d'évaluation prévus au plan de cours :
 - Trois examens intra de deux heures chacun organisés durant la session lors desquels les étudiants devaient résoudre des problèmes théoriques (examens évalués sur 55 points),
 - Dix quiz hebdomadaires de 3 minutes chacun où les étudiants devaient répondre à deux questions à choix multiples aléatoirement tirées d'une banque de questions en lien avec la compréhension de la matière théorique du cours (quiz évalués sur 10 points),
 - Un examen final pratique de deux heures organisé durant la semaine des examens finaux où les étudiants devaient réaliser des analyses par éléments finis avec le logiciel ANSYS (examen évalué sur 20 points),
 - Un projet réalisé individuellement durant les cinq dernières semaines de la session où les étudiants devaient utiliser le logiciel ANSYS pour optimiser la masse d'une composante mécanique (projet évalué sur 15 points).

Le seul élément qui est différent entre les deux classes concerne le déroulement des séances théoriques de cours. Celui-ci en classe inversée est :

- Avant une séance, les étudiants doivent lire un chapitre, bien assimiler les exemples résolus qui y

sont présentés, visionner des capsules vidéo et passer le quiz hebdomadaire.

- Durant une séance, le professeur anime un plénum pour répondre aux questions des étudiants et pour clarifier les notions qui ont été mal comprises. Par la suite, les étudiants se regroupent en petites équipes pour participer à des ateliers de travail afin de résoudre des exercices. Le professeur passe d'une équipe à l'autre pour discuter avec les étudiants et corriger toute compréhension erronée du contenu.

Le déroulement typique d'une séance théorique de cours en classe traditionnelle est :

- Durant une séance, le professeur fait un exposé magistral pour présenter le contenu d'un chapitre et faire la solution détaillée d'exemples résolus. Pendant un exposé, les étudiants peuvent évidemment poser des questions.
- Après une séance, les étudiants sont invités à lire les chapitres, résoudre des exercices et passer le quiz hebdomadaire.

3.3. Horaire des séances

Un aspect jugé méthodologiquement important a été planifié bien avant le début de la session. En effet, l'horaire a été construit de façon à avoir une plage commune entre les deux classes. Pour la classe inversée, les trois heures de cours théoriques et de travaux pratiques se sont données les mercredis et mardis après-midi respectivement. Pour la classe inversée, ce sont plutôt les mardis après-midi et jeudi matin qui ont été retenus respectivement pour les cours théoriques et les travaux pratiques. Ainsi, les trois examens intra ont pu être planifiés les mardis après-midi afin que les étudiants des deux classes puissent être évalués simultanément. De cette façon, toute variabilité engendrée par des examens différents ou qui ne sont pas passés au même moment est éliminée. L'examen final s'est également déroulé simultanément pour les deux classes un jeudi après-midi durant les semaines des examens finaux.

3.4. Recrutement des participants

Habituellement, le nombre d'étudiants dans un cours de MEC423 est d'environ 40, mais à cause de la Covid-19, ce nombre a été réduit pour permettre un enseignement en présentiel tout en respectant certaines mesures de distanciation physique dans les salles de classe. Les deux classes participant à la présente étude comptaient chacune 26 étudiants, ce qui représente un total de 52 participants potentiels.

Avant le début de la session, les étudiants se sont inscrits à l'un ou l'autre des groupes de MEC423 sans connaître la stratégie pédagogique (classe inversée ou traditionnelle) retenue pour chaque groupe. Cette façon de procéder a permis de se rapprocher d'une répartition

aléatoire des participants entre les deux groupes et du même coup, d'une recherche expérimentale.

À la première séance de cours, en plus de présenter le plan de cours, le professeur a longuement discuté avec les étudiants des objectifs et du déroulement du projet de recherche. Le formulaire d'information et de consentement a aussi été projeté à l'écran et lu dans son intégralité. Les étudiants ont eu la chance de poser toutes les questions qu'ils avaient. Par la suite, le professeur a quitté la salle de classe et une assistante de recherche a distribué un formulaire d'information et de consentement aux étudiants. Ces derniers pouvaient alors le signer afin de devenir des participants à l'étude, et cela sans que le professeur ne sache qui participe ou non à l'étude. Du même coup, les participants devaient fournir leur moyenne cumulative sur 4,3 depuis le début de leurs études à l'ÉTS.

Sur les 52 étudiants inscrits, 44 ont accepté de participer à l'étude en signant le formulaire de consentement. Les huit autres étudiants ont été rejetés selon les critères d'exclusion suivants :

- Six étudiants ont refusé de participer en ne signant pas le formulaire de consentement,
- Un étudiant de la classe inversée a changé de groupe, car il souhaitait être exposé à la classe traditionnelle,
- Un étudiant reprenait le cours à la suite d'un échec ou un abandon lors d'une session antérieure.

Trois autres étudiants ont été exclus de l'étude, faute d'avoir rempli adéquatement leur feuille de temps (voir la prochaine section pour les détails relatifs à ce document). Au final, l'étude compte 41 participants, soit 21 dans la classe inversée et 20 dans la classe traditionnelle.

3.5. Collecte de données

Parmi toutes les données qui ont été collectées durant l'étude, la performance académique des étudiants ainsi que le temps consacré aux activités d'apprentissage du cours seront préliminairement analysés dans cette publication.

D'une part, les notes permettent de mesurer la performance académique des étudiants. Elles ont été octroyées par le personnel enseignant à la suite de la correction des éléments d'évaluation prévus au plan de cours. Les examens intra et le projet ont été corrigés par le professeur, tandis que l'examen final l'a été par l'auxiliaire d'enseignement. Les quiz hebdomadaires ont été corrigés automatiquement en paramétrant l'environnement numérique d'apprentissage Moodle à cet effet. Lors de la correction du projet et des examens, toutes les copies ont été aléatoirement mélangées de telle sorte que le correcteur n'était pas en mesure de savoir si le travail à corriger provient d'un étudiant de la classe inversée ou de la classe traditionnelle. Cette façon de procéder a permis d'éviter l'introduction d'un biais qui aurait pu se manifester si toutes les copies d'un groupe avaient été corrigées avant celles de l'autre groupe. Une fois tous les éléments

d'évaluation corrigés, une note totale sur 100 points, appelée N_{TOT} , a été associée à chaque participant.

D'autre part, le temps consacré aux activités d'apprentissage a été mesuré pour avoir une estimation des efforts que les étudiants ont déployés durant la session. Lors de chaque séance théorique de cours, une assistante de recherche s'est rendue dans la salle de classe et le professeur a quitté les lieux afin de ne pas pouvoir identifier qui, parmi les étudiants, sont ou non des participants à l'étude. L'assistante de recherche a distribué ensuite la feuille de temps sur laquelle les participants devaient indiquer le nombre d'heures durant la semaine précédente consacrée aux activités suivantes :

- Présence aux séances théoriques de cours ;
- Présence aux séances pratiques de laboratoires ;
- Lecture des notes de cours ;
- Résolution d'exercices théoriques ;
- Visionnement de capsules vidéo ;
- Simulation avec le logiciel d'éléments finis ;
- Travail sur le projet.

Une fois la session terminée, un temps total autodéclaré et consacré aux activités d'apprentissage, appelé T_{TOT} , a pu être associé à chaque participant.

En regroupant les données collectées auprès de l'ensemble des participants des deux classes, il devient possible de calculer les quatre paramètres suivants :

- μ_N : moyenne de la note totale,
- σ_N : écart type de la note totale,
- μ_T : moyenne du temps total,
- σ_T : écart type du temps total.

Ensuite, chaque participant se voit attribuer deux valeurs Z , une associée à la note totale (Z_N) et l'autre au temps total (Z_T), calculées comme suit :

$$Z_N = (N_{TOT} - \mu_N) / \sigma_N \quad (\text{eq. 1})$$

$$Z_T = (T_{TOT} - \mu_T) / \sigma_T \quad (\text{eq. 2})$$

Un indice d'efficacité I_E est finalement calculé pour chaque participant en s'inspirant des travaux de Paas et Van Merriënboer [10] :

$$I_E = \frac{Z_N - Z_T}{\sqrt{2}} \quad (\text{eq. 3})$$

La figure 1 montre une représentation visuelle de la signification de l'indice d'efficacité qui correspond à la distance minimale entre les coordonnées (Z_T , Z_N) associées à un étudiant et la droite pointillée inclinée à 45°. Tout point situé au-dessus de la droite inclinée (zone verte à la figure 1) représente un indice d'efficacité positif, alors qu'un point situé dans la zone rouge représente un indice d'efficacité négatif. Par exemple, l'étudiant 2 à la figure 1 s'avère être moins efficace que l'étudiant 1, et cela même si l'étudiant 2 a obtenu une meilleure note que l'étudiant 1. Dans cet exemple, l'efficacité moindre s'explique par le temps plus élevé que l'étudiant 2 a consacré à ses études comparativement à l'étudiant 1.

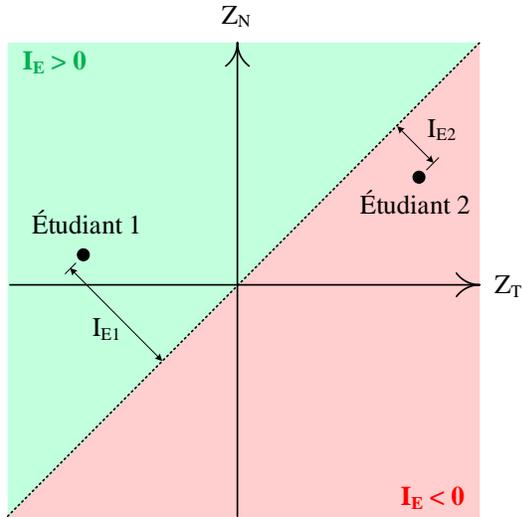


Fig. 1. Représentation visuelle du concept de l'indice d'efficacité.

4. RÉSULTATS

4.1. Répartition des étudiants dans les classes

La figure 2 montre une représentation visuelle de la distribution de la moyenne cumulative des étudiants dans les deux classes, c'est-à-dire la moyenne sur 4,3 de l'ensemble des cours suivis depuis le début du programme. La médiane et l'étendue de la distribution dans la classe inversée sont supérieures à celles de classe traditionnelle.

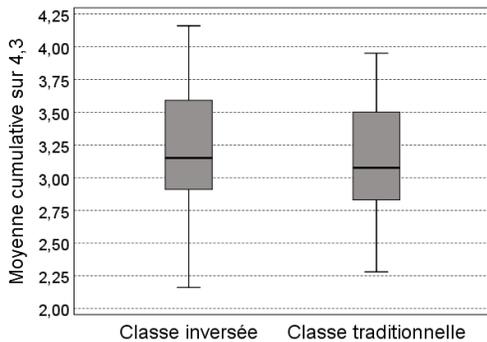


Fig. 2. Boîtes à moustaches de la moyenne cumulative des étudiants de chaque classe.

Pour vérifier si les deux classes sont statistiquement similaires en ce qui a trait à la moyenne cumulative des étudiants, un test t est effectué. Ce test est valide dans le cas présent puisque les conditions de normalité et d'homogénéité des variances sont vérifiées. Il s'avère qu'il n'y a pas de différence significative ($t(39) = ,390$; $p = ,698$) entre la moyenne cumulative des étudiants de la classe inversée ($N = 21$; $M = 3,21$; $s = ,528$) et celle des étudiants de la classe traditionnelle ($N = 20$; $M = 3,14$; $s = ,472$).

4.2. Analyses corrélacionnelles

Les données collectées ont permis d'attribuer quatre variables à chaque participant :

- Moyenne cumulative sur 4,3 ;
- Note totale (Ntot) sur 100 points pour l'ensemble des éléments d'évaluation ;
- Temps total (Ttot) en heures consacré aux différentes activités d'apprentissage ;
- Indice d'efficacité (Ie).

Le tableau 1 rapporte le coefficient de corrélation de Pearson calculé entre la moyenne cumulative et les autres variables pour chaque classe.

Tableau 1 : Coefficients de corrélation de Pearson entre la moyenne cumulative des étudiants et les autres variables.

		Ntot	Ttot	Ie
Classe inversée	r	,77	-,42	,68
	p (bilatéral)	<,001	,061	,001
Classe traditionnelle	r	,81	,29	,43
	p (bilatéral)	<,001	,212	0,060

Il existe une corrélation statistiquement significative ($p < ,05$) et un effet de grande taille ($r > ,5$) entre la moyenne cumulative et la note totale, et cela pour les deux classes. Comme le montre la figure 3, plus la moyenne cumulative d'un étudiant est élevée, meilleure a été la note totale obtenue dans le cours MEC423. On observe des notes légèrement plus élevées pour la classe inversée, ce qui est cohérent avec la moyenne cumulative légèrement plus élevée des étudiants de la classe inversée. Un test t confirme cependant que la différence entre la moyenne de la note totale des étudiants de la classe inversée ($M = 83,4$; $s = 7,6$) et celle des étudiants de la classe traditionnelle ($M = 80,3$; $s = 7,4$) est statistiquement non significative ($t(39) = 1,30$; $p = ,202$).

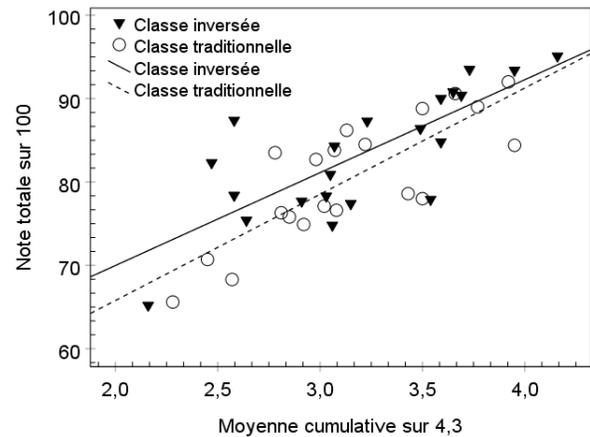


Fig. 3. Nuage de points de la note totale des étudiants en fonction de leur moyenne cumulative.

En ce qui a trait au temps total consacré aux activités d'apprentissage, il n'existe pas de corrélation statistiquement significative pour aucune des deux classes. Pour la classe traditionnelle, l'absence de corrélation est évidente ($p = ,212$). Pour la classe inversée, la corrélation est presque significative ($p = ,062$) par rapport au seuil $\alpha = ,05$. Ainsi, avec une corrélation négative ($r = -0,42$), les étudiants les plus forts de la classe inversée ont consacré moins de temps que les étudiants les plus faibles. Ce constat peut être observé par la pente négative de la droite en trait continu à la figure 4. Malgré des corrélations d'allure différente entre les deux classes en ce qui a trait au temps total consacré aux études, les moyennes entre les deux classes n'affiche pas de différence statistiquement significative ($t(39) = ,582$; $p = ,564$). En effet, le temps total en heures pour la classe inversée ($M = 108,6$; $s = 32,6$) est similaire à celui de la classe traditionnelle ($M = 114,1$; $s = 28,2$).

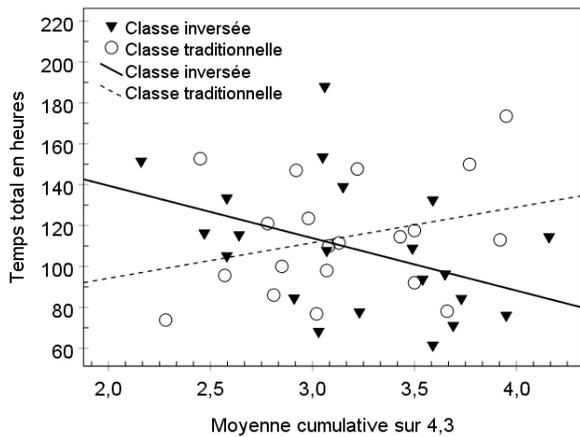


Fig. 4. Nuage de points du temps consacré aux études par les étudiants en fonction de leur moyenne cumulative.

Une corrélation statistiquement significative ($p < ,05$) et un effet de grande taille ($r > ,5$) sont observés entre la moyenne cumulative et l'indice d'efficacité pour la classe inversée. Pour la classe traditionnelle, une corrélation également positive est observée, mais celle-ci est presque significative ($p = ,060$) par rapport au seuil $\alpha = ,05$.

Comme le montre la figure 5, ce dernier constat indique que, pour les deux classes, plus la moyenne cumulative d'un étudiant est élevée, plus il est efficace au sens proposé par Paas et Van Merriënboer [10]. De plus, on compte plus d'étudiants dont l'indice d'efficacité est supérieur à zéro dans la classe inversée que dans la classe traditionnelle (voir figure 6). Rappelons qu'un indice d'efficacité positif se traduit par un point situé au-dessus de la ligne inclinée dans le graphique « cote z de la note totale » vs « cote z du temps total ». En effet, 14 des 21 participants de la classe inversée ont un indice d'efficacité positif, comparativement à 7 des 20 participants de la classe traditionnelle. Cependant, un test t révèle que la différence entre la moyenne de l'indice d'efficacité

de la classe inversée ($M = ,202$; $s = 1,27$) et celle de la classe traditionnelle ($M = -,212$; $s = ,87$) n'est pas statistiquement significative ($t(39) = 1,21$; $p = ,23$).

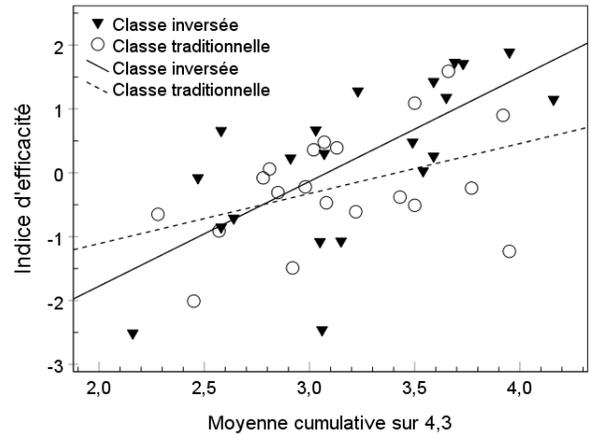


Fig. 5. Nuage de points de l'indice d'efficacité des étudiants en fonction de leur moyenne cumulative.

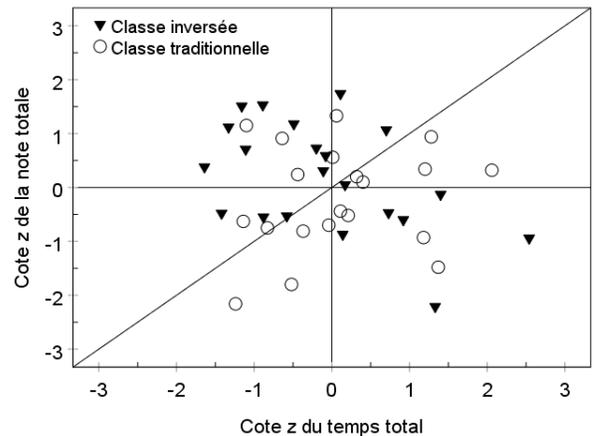


Fig. 6. Nuage de points de la cote z associée à la note totale en fonction de la cote z associée au temps total.

5. DISCUSSION

La différence non statistiquement significative au niveau du test t visant à comparer la moyenne cumulative des étudiants des deux groupes appuie la prétention selon laquelle la recherche menée ici se rapproche d'une étude expérimentale où les participants ont été distribués aléatoirement entre les deux groupes.

Les résultats présentés à la figure 3 montrent que les deux stratégies pédagogiques sont équivalentes en ce qui a trait à la performance académique des étudiants. Autrement dit, la stratégie pédagogique ne semble pas influencer la note totale des étudiants. Ce constat ne concorde pas avec la tendance générale rapportée par Lo et Hew [7] voulant que la classe inversée permette aux étudiants d'obtenir de meilleures notes. De plus, avec des variances expliquées extrêmement élevées ($r^2 = 60\%$ pour la classe inversée et $r^2 = 66\%$ pour la classe traditionnelle), il est évident que la

moyenne cumulative d'un étudiant est le facteur qui permet de prédire avec le plus de certitude la note totale qu'il obtient dans le cours.

Pour ce qui est du temps total consacré aux études, il est difficile de tirer des conclusions à cause de l'absence des corrélations statistiquement significatives. De plus, contrairement à ce que rapporte Brewer et Movahedazarhouligh [5], la prétention selon laquelle la charge de travail des étudiants pourrait être accrue lorsqu'ils sont exposés à une classe inversée ne semble pas avoir été observée ici. Ceci étant dit, une tendance semble néanmoins se dégager pour les étudiants de la classe inversée. En effet, plus la moyenne cumulative d'un étudiant est élevée, moins il consacre généralement du temps à ses apprentissages (voir la droite en trait continu à la figure 4). Une analyse préliminaire des feuilles de temps montre que les étudiants de la classe inversée ayant les moyennes cumulatives les plus élevées sont ceux qui ont été les moins présents lors des séances de cours. Après avoir l'impression d'avoir suffisamment bien assimilé le contenu théorique avant les séances de cours, ces étudiants ne semblent pas avoir perçu une plus-value à participer aux ateliers de travail en équipe pour résoudre des exercices. Plusieurs d'entre eux ont vraisemblablement préféré ne pas venir en classe et faire autre chose. Il faut mettre en contexte un fait qui pourrait contextualiser ce constat. La session d'automne 2021, lors de laquelle l'expérimentation s'est déroulée, était la première où les cours ont été offerts en présentiel, et cela après quatre sessions consécutives de formation à distance due aux restrictions liées à la Covid-19. Depuis le début de leur cheminement à l'ÉTS, il s'agissait des premiers cours en présentiel pour la majorité des participants qui n'avait pas eu l'opportunité de développer antérieurement de liens sociaux étroits avec leurs pairs. Ils ont en plus été habitués à étudier à la maison de manière isolée. Les bienfaits potentiels de la classe inversée proposée dans le cours MEC423 reposent fortement sur un esprit de collaboration et d'entraide entre les étudiants durant les ateliers de résolution d'exercices en équipe, ce qui pourrait permettre d'assouvir le besoin de relations sociales évoqué dans la théorie d'autodétermination de Ryan et Deci [11]. Il est donc permis de se questionner à savoir si la formation à distance imposée lors des sessions précédentes ne s'est pas avérée être un frein à la participation active des étudiants de la classe inversée durant les séances de cours théoriques, faute de lien social préalablement établi.

Enfin, en ce qui a trait à l'indice d'efficacité, la tendance observée mérite une certaine réflexion, et cela malgré l'absence de différence statistiquement significative entre la moyenne de cet indice des deux classes. Cette tendance se visualise par le croisement des deux droites à la figure 5 qui indique qu'il ne semble pas y avoir une stratégie pédagogique qui permette à tous les étudiants d'être plus efficaces que ceux ayant été exposés à l'autre stratégie pédagogique. En effet, les étudiants de la classe inversée

ayant une moyenne cumulative supérieure à environ 2,8 semblent plus efficaces que ceux de la classe traditionnelle, essentiellement parce qu'ils ont été en mesure d'obtenir d'aussi bonnes notes sans consacrer autant de temps à leurs études. L'élément qui suscite la réflexion concerne donc les étudiants ayant une faible moyenne cumulative pour qui la classe traditionnelle semble leur permettre d'être plus efficaces. Ce constat ne concorde pas avec les conclusions de Bansal et coll. [3] selon lesquelles les étudiants les plus faibles sont ceux qui profitent le plus de la classe inversée. Il est cependant important de préciser que ces conclusions concernent les performances académiques d'étudiants en médecine, alors que l'efficacité rapportée ici concerne des étudiants en génie et fait intervenir simultanément deux variables (la note et le temps consacré aux études). Puisque la clientèle étudiante d'un programme de médecine est relativement homogène dans le sens où le recrutement s'effectue à partir des étudiants les plus doués, il peut donc s'avérer hasardeux de comparer les résultats d'une telle étude avec ceux obtenus ici. En effet, la disparité au niveau de la force académique des étudiants causée par l'absence de contingentement au moment de l'admission est plus grande à l'ÉTS que dans un programme de médecine et les stratégies d'apprentissage ainsi que la nature des activités d'évaluation sont nécessairement différentes.

6. CONCLUSION

L'objectif de cette publication est de comparer les performances académiques et l'efficacité d'étudiants qui suivent un cours de génie mécanique dans une classe inversée par rapport à d'autres suivant le même cours dans une classe traditionnelle. Pour y arriver, une méthodologie a été élaborée pour isoler le plus possible l'effet de la stratégie pédagogique retenue dans chaque classe. Ainsi, le matériel pédagogique (notes de cours, capsules vidéo, etc.), le personnel enseignant et les évaluations ont été les mêmes pour les deux classes. Les évaluations ont en plus été réalisées simultanément. En fait, la seule différence entre les deux classes fut la planification des activités d'apprentissage liées au contenu théorique traité durant les séances hebdomadaires de cours ainsi que celles réalisées à la maison.

Une analyse préliminaire des données collectées montre que les performances académiques des étudiants ne semblent pas être affectées par la stratégie pédagogique à laquelle les étudiants ont été exposés. Par contre, les étudiants de la classe inversée ayant une moyenne cumulative élevée ont été en mesure d'obtenir d'aussi bonnes notes que les étudiants les plus forts de la classe traditionnelle, mais ils y sont arrivés en consacrant moins de temps dans leurs études. Conséquemment, il s'avère que la classe inversée est plus efficace pour ces étudiants. En ce qui a trait aux étudiants ayant une faible moyenne cumulative, c'est plutôt la classe traditionnelle qui semble être la stratégie pédagogique qui leur est la plus efficace.

Même si certaines corrélations statistiquement significatives ont été observées, le nombre de participants impliqués dans cette étude est relativement faible. Les conclusions tirées peuvent donc être difficilement généralisées. Il serait effectivement souhaitable de refaire des études similaires lors des prochaines sessions dans le même cours, dans des cours différents, avec le même professeur et avec d'autres enseignants. Il est possible que des tendances différentes soient observées en fonction de la nature du cours et de la personnalité du professeur. La présente étude a été menée auprès d'étudiants d'un cours de génie mécanique dont les différences entre les classes inversée et traditionnelle reposaient majoritairement sur les connaissances en génie et l'analyse de problème (c'est-à-dire les qualités 1 et 2 parmi les 12 définies par le BCAPG, le Bureau canadien d'agrément des programmes de génie [6]). Il serait intéressant d'observer si des tendances similaires se dégagent pour des activités d'apprentissage visant à développer d'autres qualités du BCAPG comme l'investigation (qualité 3), la conception (qualité 4) et l'utilisation d'outils d'ingénierie (qualité 5), trois qualités qui ont été développées de manière identique dans les deux classes lors des séances de travaux pratiques et du projet de session.

Dans cet article, les données ont été préliminairement traitées et une analyse plus en profondeur reste à faire. D'abord, les notes octroyées aux étudiants ainsi que le temps consacré aux études seront filtrées pour ne retenir que les données liées aux aspects théoriques du cours qui a fait l'objet d'une différenciation entre les deux groupes. De plus, un court sondage a été rempli par les étudiants des deux classes à la toute fin de la session dans le but d'identifier si certains aspects tirés du cadre théorique (surcharge cognitive, besoin d'autonomie, besoin de liens sociaux, etc.) ne pourraient pas appuyer les conclusions tirées jusqu'à présent. Enfin, si une telle étude devait être répétée dans le futur, il serait souhaitable de prévoir un devis de recherche mixte où des données qualitatives seraient collectées en interviewant des étudiants, et cela en plus des données quantitatives concernant les performances académiques et le temps consacré aux études. En effet, en prévoyant des entretiens individuels ou de groupe, il pourrait être possible, par exemple, de mieux comprendre les raisons pour lesquelles certains étudiants participent peu ou pas aux séances de cours théoriques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement les étudiants qui ont accepté de participer à cette étude. Ils remercient également l'assistante de recherche Julienne Bissou-Bilong pour son professionnalisme dans le processus de collecte des données. Enfin, ils expriment leur gratitude envers l'ÉTS pour l'aide financière qui a permis l'embauche de l'assistante de recherche.

RÉFÉRENCES

- [1] L. Abeysekera et P. Dawson, *Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research*. Higher Education Research & Development vol. 34, no. 1, pp. 1-14, 2015.
- [2] M.A. Al Mamun, M.A.K. Azad et M. Boyle, *Review of flipped learning in engineering education: Scientific mapping and research horizon*. Education and Information Technologies, vol. 1, no. 26, 2021.
- [3] S. Bansal, M. Bansal, K.A. Ahmad et J. Pandey, *Effects of a flipped classroom approach on learning outcomes of higher and lower performing medical students: A new insight*. Advances in Educational Research and Evaluation, vol. 1, no. 1, pp. 24-31, 2020.
- [4] B.S. Bloom, *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. Cognitive domain, 1956.
- [5] R. Brewer et S. Movahedazarhouli, *Successful stories and conflicts: A literature review on the effectiveness of flipped learning in higher education*. Journal of Computer Assisted Learning, vol. 34, no. 4, pp. 409-416, 2018.
- [6] Ingénieurs Canada – Bureau canadien d'agrément des programmes de génie, *Normes et procédures d'agrément 2021*. Disponible en date du 1^{er} février 2022 au : <https://engineerscanada.ca/sites/default/files/2021-11/2021%20Accreditation%20Criteria%20Book%20Word.pdf>, 2021.
- [7] C.K. Lo et K.F. Hew, *The impact of flipped classrooms on student achievement in engineering education: A meta-analysis of 10 years of research*. Journal of Engineering Education, vol. 108, no. 4, pp. 523-546, 2019.
- [8] B. Morin, K.M. Kecskemety, K.A. Harper et P.A. Clingan, *The inverted classroom in a first-year engineering course*. Compte-rendu de la 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, pp. 23.1220.1-23.1120.11, 2013.
- [9] N. Nelson et R. Brennan, *A snapshot of engineering education in Canada*. Compte-rendu de la 2018 Canadian Engineering Education Association conference, 2018.
- [10] F.G. Paas et J.J. Van Merriënboer, *The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures*. Human factors, vol. 35, no. 4, pp. 737-743, 1993.
- [11] R.M. Ryan et E.L. Deci, *Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being*. American psychologist, vol. 55, no. 1, pp. 68-78, 2000.
- [12] J. Sweller, J.J. van Merriënboer et F. Paas, *Cognitive architecture and instructional design: 20 years later*. Educational Psychology Review, vol. 31, no. 2, pp. 261-292, 2019.
- [13] R. Talbert, *Flipped learning: A guide for higher education faculty*, Stylus Publishing LLC, 2017, 264 pp. {ISBN 978-1620364321}