



Un organisme du gouvernement de l'Ontario

Le rôle des planétariums dans la promotion de l'engagement et de l'apprentissage

Michael Reid, Michael Williams,
John Percy, Darren Hoeg, Kelly Lepo,
Joanne Nazir et Gregory Paciga,
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
Courriel : info@heqco.ca

Citer ce document comme suit :

Reid, M., M. Williams, J. Percy, D. Hoeg, K. Lepo, J. Nazir et G. Paciga (2014).
Le rôle des planétariums dans la promotion de l'engagement et de l'apprentissage,
Toronto : Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur.



Un organisme du gouvernement de l'Ontario

Table des matières

Résumé	4
Introduction.....	6
Questions de recherche.....	8
Recherches antérieures sur l'utilisation des planétariums dans l'enseignement	9
Méthodes et méthodologie.....	10
Test préalables et postérieurs	13
Groupes de discussion	14
Constatations	14
Données démographiques sur les étudiants et sommaire statistique	14
Résultats quantitatifs.....	15
<i>Type d'intervention</i>	15
<i>Effets des AE</i>	19
<i>Taille du groupe</i>	20
<i>Sexe</i>	21
<i>Signification statistique des résultats quantitatifs</i>	22
Constatations qualitatives	24
<i>Attitudes</i>	24
<i>Engagement</i>	25
<i>Expérience d'apprentissage</i>	26
<i>Gains conceptuels</i>	27
<i>Sexe</i>	28
<i>Influence des AE sur l'expérience du planétarium</i>	28
<i>Suggestions</i>	28
Conclusions et recommandations	30
Bibliographie	33

Une annexe distincte est disponible en anglais seulement à heqco.ca.

Liste des figures

Figure 1 : Photographie du planétarium GeoDomel	11
Figure 2 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 1 de l'expérience	17
Figure 3 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 2 de l'expérience	18
Figure 4 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 3 de l'expérience	19
Figure 5 : Gains normalisés produits par différents AE pour les trois types d'intervention	20
Figure 6 : Effet de la taille du groupe sur les gains normalisés	21
Figure 7 : Gains normalisés en fonction du sexe des étudiants pour les trois itérations de l'expérience	22
Figure 8 : Gains normalisés en fonction du sexe pour les trois types d'intervention	22

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différences statistiquement significatives entre les types d'intervention	23
---	----

Résumé

La plupart des astronomes qui enseignent l'astronomie au premier cycle aspirent à faire vivre directement à leurs étudiants l'expérience du ciel nocturne. De la même façon qu'une biologiste peut souhaiter que ses étudiants manipulent des spécimens vivants et que le géologue veut que ses étudiants taillent de vraies pierres, les astronomes veulent que leurs étudiants voient et observent réellement les planètes, les étoiles et les galaxies. Malheureusement, la combinaison pollution lumineuse, température imprévisible et horaire de jour des cours rend la chose difficile, en particulier pour les cours qui connaissent un taux élevé d'inscriptions – l'organisation des horaires d'un grand nombre d'étudiants présentant alors une difficulté additionnelle.

Une stratégie utilisée de plus en plus fréquemment consiste à enseigner dans des planétariums numériques : des salles dont le plafond en forme de coupole permet la projection de représentations merveilleusement détaillées du ciel de nuit. Les planétariums sont, de nombreuses façons, plus utiles que le ciel réel parce qu'ils peuvent être utilisés durant la journée, ne sont pas sujets aux caprices de la météo et peuvent être manipulés pour montrer des choses qui ne sont pas normalement visibles dans le ciel. Encore mieux, les planétariums numériques peuvent avoir des interfaces de contrôle assez simples pour que n'importe qui puisse les utiliser – le nôtre utilise une console de jeu vidéo commercial.

Malgré leur popularité grandissante, il existe peu d'ouvrages sur l'efficacité des planétariums numériques en tant qu'outils pédagogiques. Nous avons essayé de déterminer si un petit planétarium numérique (le nôtre peut accueillir 25 personnes) améliore l'apprentissage et la participation des étudiants d'un cours d'introduction à l'astronomie de première année qui ne font pas une spécialisation en science. Plus particulièrement, nous voulions savoir si le fait de permettre aux étudiants de contrôler directement l'expérience du planétarium améliorerait leurs gains conceptuels et leur engagement envers la matière.

Nous avons étudié le recours à des présentations de planétarium dans un cours d'introduction regroupant 1 350 étudiants à l'Université de Toronto. On a assigné trois expériences à chaque étudiante et étudiant : une expérience interactive de planétarium; une présentation non interactive animée par un assistant d'enseignement; une classe dirigée, axée sur la discussion, à l'extérieur du planétarium. Les gains conceptuels des étudiants ont été évalués à l'aide de tests à choix multiples et leurs impressions de leurs expériences ont été recueillies dans le cadre de groupes de discussion.

Nos résultats montrent très clairement que le planétarium numérique ne constitue pas une solution miracle pour l'enseignement de l'astronomie. L'expérience du planétarium produit un effet « wow » réel qui améliore le niveau d'engagement des étudiants, mais elle n'augmente pas automatiquement leurs gains conceptuels. Plus précisément, nous n'avons constaté aucune différence statistiquement significative entre les gains conceptuels des étudiants qui ont participé à des présentations interactives au planétarium, à des présentations non interactives et à des classes dirigées, axées sur la discussion, à l'extérieur du planétarium. Les trois expériences ont réussi à peu près également à augmenter les gains conceptuels des étudiants, tels que mesurés par les tests à choix multiples. Selon le sujet traité, les classes dirigées, axées sur la discussion, se sont parfois révélées la meilleure méthode.

Cette étude est préliminaire – il s'agit d'un premier essai pour évaluer la meilleure façon d'utiliser un planétarium numérique comme outil pédagogique. Une de nos principales conclusions est que les étudiants de première année qui ne font pas une spécialisation en science ne sont pas bien outillés pour gérer leur propre environnement d'apprentissage dans un planétarium sans un certain soutien pédagogique. Le facteur « wow » associé au planétarium ne les motive pas nécessairement assez rapidement ou intensément pour qu'ils surmontent les difficultés techniques de l'opération du planétarium. Qui plus est, les étudiants ont dit très clairement qu'ils perçoivent le planétarium comme un outil pédagogique potentiellement très utile, mais qu'ils auraient besoin de beaucoup de temps pour s'habituer aux contrôles avant de faire un apprentissage pertinent.

Nous avons cherché des effets statistiquement significatifs associés à la taille du groupe d'étudiants ayant participé à chacune des trois interventions, à l'assistant d'enseignement supervisant leur expérience et au sexe des étudiants. Nous n'avons trouvé aucune corrélation positive avec la taille du groupe ou l'identité de l'assistant d'enseignement, mais certaines tendances intéressantes liées au sexe. Les étudiantes ont obtenu des notes significativement inférieures à celles des étudiants aux prétests et ont généralement affiché des gains conceptuels inférieurs à ceux des étudiants relativement à chacun des trois types d'intervention. Ces différences liées au le sexe n'étaient pas toujours statistiquement significatives, mais elles sont présentes dans l'ensemble des données.

Nous recommandons la réalisation de nombreuses autres études sur l'utilisation des planétariums numériques comme outil pédagogique. Nos résultats font ressortir plusieurs façons d'optimiser l'expérience du planétarium : prendre plus de temps pour en montrer l'utilisation aux étudiants, préparer avec plus de rigueur l'expérience autodirigée et passer de façon générale plus de temps dans le planétarium. En outre, nous recommandons d'autres études sur les différences possibles entre les sexes tant du point de vue de la compréhension conceptuelle de l'astronomie au départ que des gains conceptuels résultant de nos trois types d'intervention.

Introduction

La plupart des universités offre un cours d'introduction à l'astronomie qui est ouvert à tous les étudiants dont la science n'est pas la matière principale. Ces cours sont très populaires et reçoivent des centaines, voire des milliers d'inscriptions. Ils présentent toutefois des défis uniques puisque la plupart des étudiants qui entrent à l'université n'ont eu que très peu d'exposition formelle à l'astronomie et à peu près aucune de la part d'astronomes. Certains n'ont pas suivi de cours de science ou de mathématique depuis trois ou quatre ans. Ayant entendu parler de la découverte récente de planètes similaires à la Terre, de la recherche de matière noire et de l'étude des origines de l'univers, ils arrivent à l'université désireux d'en savoir davantage. Ils sont toutefois souvent loin d'être prêts à étudier l'astronomie.

L'astronomie est une discipline relativement petite. Même dans une grande université, l'entière population des étudiants spécialisés en astronomie peut facilement être moins importante que les inscriptions d'un seul semestre au cours d'introduction (AST 101 ci-après). En fait, les cours d'introduction à l'astronomie peuvent constituer la principale responsabilité en matière d'enseignement des départements d'astronomie simplement en raison du nombre d'étudiants.

Malgré la popularité de ces cours, la place centrale qu'ils occupent dans l'enseignement de l'astronomie et leur valeur dans le contexte d'une éducation complète, on sait très peu de choses sur la manière de bien les enseigner. Ils ont tendance à ne pas recevoir autant d'attention que les cours destinés aux étudiants qui font une majeure en sciences physiques ou en chimie. Les astronomes à la recherche de méthodes d'enseignement fondées sur des preuves comptent énormément sur les ouvrages concernant l'enseignement de la physique qui, bien qu'ils constituent une excellente ressource, ne répondent pas aux besoins particuliers des apprenants en astronomie, en particulier de ceux dont la curiosité est piquée par les sciences, mais qui ont une phobie des mathématiques – c'est-à-dire, les étudiants non spécialisés en science que l'on retrouve habituellement dans le cours AST 100¹.

L'enseignement de l'astronomie ne ressemble pas tout à fait à l'enseignement d'une autre science. Contrairement, à la physique, à la chimie et à la biologie, on ne peut pas faire d'expérience pratique ou d'expérimentation en astronomie. Les techniques d'enseignement qui reposent sur l'expérimentation directe doivent donc être adaptées pour être utilisées en astronomie. L'astronomie consiste en grande partie à prendre des photos du ciel nocturne. Puisque le sujet est principalement enseigné durant le jour, l'enseignante qui souhaite que ses étudiants participent à l'acquisition de données astronomiques doit relever des défis importants. C'est comme s'il s'agissait d'enseigner la chimie mais seulement entre une heure et cinq heures et sans laisser les étudiants toucher aux produits chimiques. Même lorsque les cours d'astronomie peuvent avoir lieu le soir, la plupart sont enseignés dans des villes assez importantes pour que la pollution lumineuse soit un grave problème, nuisant énormément à la vision du ciel. Dans les universités rurales, où cette forme de pollution n'est pas un problème aussi important, la température imprévisible et souvent froide rend difficile l'organisation de séances régulières de visionnement du ciel.

Puisqu'il est difficile de faire en sorte que les étudiants du cours AST 101 soient en contact avec le ciel, les astronomes se tournent de plus en plus vers les planétariums pour des simulations. Le recours au planétarium dans l'enseignement n'a pas encore fait l'objet du même niveau d'examen que d'autres interventions pédagogiques, en partie parce que des planétariums abordables et hautement numériques sont des innovations relativement récentes – ils ne sont en effet disponibles que depuis environ dix ans. Auparavant, la plupart des universités canadiennes ne pouvaient pas s'offrir un planétarium. Celles qui le pouvaient ne disposaient souvent que d'un planétarium de l'ancien style, qui ne pouvait montrer que le ciel vu de la Terre avec peu de détails. Les planétariums de l'ancien style mettent l'accent sur des concepts de faible

¹ Jusqu'à récemment, les astronomes à la recherche d'information sur la meilleure façon d'enseigner leur matière ne pouvait compter que sur une seule revue, *Astronomy Education Review* (AER). Malheureusement, l'AER a annoncé qu'elle cessait de publier à la fin de 2013, laissant la collectivité de l'astronomie sans revue de recherche consacrée à l'éducation.

priorité dans l'enseignement de l'astronomie, comme la disposition des constellations, les moments du lever et du coucher des étoiles et les trajectoires des planètes. Ces concepts ne font que rarement partie du programme de base des cours d'astronomie. Pour poursuivre l'analogie avec la chimie, l'utilisation d'un planétarium de l'ancien style pour enseigner l'astronomie moderne correspond à essayer d'enseigner la biochimie avancée en n'utilisant que de l'eau et du sel.

Les planétariums numériques modernes offrent, à une fraction du coût, des capacités de beaucoup supérieures à celles de leurs contreparties anciennes. Ils n'ont en commun que l'aspect physique : une pièce en forme de dôme au plafond duquel une partie du ciel peut être projetée. Mais les systèmes modernes, notamment celui utilisé dans notre étude, offrent immensément plus de possibilités d'apprentissage. Le planétarium numérique de l'université de Toronto (à l'instar de la plupart de ceux de ce genre) peut rendre en temps réel toute partie de l'univers observable. On peut le modifier et on le fait souvent pour intégrer les découvertes récentes, comme de nouvelles planètes et galaxies. À partir d'un tel système, les étudiants peuvent explorer le cosmos d'une manière qu'aucune autre technique ne permet. Ainsi, ils peuvent :

- voler autour du système solaire et le voir sous n'importe quel angle alors que le temps passe à un rythme accéléré, ce qui leur permet de faire un lien entre la forme du système solaire et des mouvements des corps qui s'y trouvent et les théories sur sa formation.
- visionner toutes les planètes extrasolaires connues (planètes d'autres systèmes solaires) selon un modèle tridimensionnel de notre Voie lactée, ce qui permet aux étudiants d'évaluer la distribution et la proximité de ces systèmes ainsi que leurs liens à nos méthodes de détection.
- comparer des perspectives du ciel nocturne tel que vu de la surface de tout corps choisi afin de développer leur sens du lieu.
- reconnaître facilement que les étoiles qui forment une constellation ne sont pas physiquement associées l'une à l'autre, en faisant un zoom qui les éloigne de la Terre et en voyant les lignes qui relient les étoiles se déformer alors que l'observateur se déplace entre elles.
- acquérir une appréciation de l'échelle de l'univers en le traversant à la vitesse de la lumière ou à une vitesse supérieure.
- évoluer rapidement à travers toutes les échelles spatiales du cosmos (planètes, étoiles, galaxies, amas de galaxies, etc.) et voir les liens qui existent entre eux.

Cette capacité de changer rapidement d'échelle et de position dans l'espace et dans le temps n'existait pas dans les anciens planétariums. Par conséquent, l'applicabilité des études portant sur leur utilisation est limitée lorsque l'on enseigne ces concepts à l'aide des planétariums numériques modernes.

Une autre caractéristique intéressante des planétariums numériques est qu'ils peuvent être contrôlés avec des automates programmables. Le temps des consoles complexes couvertes de boutons, de cadrans et d'interrupteurs est révolu. Le planétarium de l'Université de Toronto peut être commandé par une console de jeu vidéo ordinaire et un ordinateur à écran tactile facultatif.

Le planétarium numérique de style nouveau est plus interactif et immersif, ce qui nous amène à nous demander s'il est également plus engageant pour les étudiants et si, par ailleurs, cet engagement favorise l'apprentissage. Dans les anciens planétariums, l'étudiant est habituellement confiné au rôle passif de membre de l'auditoire et ne peut voir qu'une perspective très limitée de l'univers. Des générations d'étudiants ont été inspirées par des spectacles prenant place dans ce style de planétarium, mais nous voulons découvrir quels sont les effets des planétariums plus récents, plus interactifs, sur les apprenants novices de l'astronomie en particulier. Dans les planétariums numériques plus récents, les étudiants peuvent diriger des

présentations relativement facilement. Nous aimerions savoir si cette capacité d'exploration plus autonome peut promouvoir un engagement accru par rapport à la matière et, peut-être, un apprentissage plus profond.

La simulation de l'univers dont sont capables les planétariums numériques (y compris le nôtre) est si complète que les étudiants peuvent explorer presque tous les coins de l'univers qui piquent leur curiosité. L'expérience de se trouver dans un tel endroit, de se déplacer à travers l'espace et le temps à des vitesses physiquement impossibles, suscite souvent l'admiration et l'émerveillement chez les étudiants qui n'ont jamais pensé à l'univers de cette façon auparavant et qui n'ont certainement jamais imaginé contrôler tout cela eux-mêmes. Des apprenants novices en astronomie peuvent-ils toutefois tirer profit d'un tel système lorsqu'on leur en confie les commandes? Les incitera-t-il à s'investir et favorisera-t-il l'apprentissage?

Le but de notre étude était d'évaluer l'utilisation des planétariums numériques à deux fins principales : aider les étudiants à apprendre des concepts astronomiques difficiles et augmenter leur niveau d'engagement face à l'astronomie.

Questions de recherche

Notre étude vise à répondre à trois questions précises :

1. Les présentations de planétarium aident-elles les étudiants à apprendre les concepts propres à l'astronomie, en particulier les concepts fondés sur le raisonnement temporel ou spatial?
2. Les présentations interactives du planétarium réussissent-elles mieux que les présentations non interactives à accroître la compréhension de concepts astrophysiques par les étudiants?
3. Notre mode d'enseignement hautement engagé, y compris des éléments tels que les questionnaires-clickeurs en classe, les interactions en ligne et les présentations interactives de planétarium, améliore-t-il les attitudes des étudiants et leur engagement envers l'astronomie?

La première de ces questions cible les forces supposées du système de planétarium numérique. C'est-à-dire, le fait que les étudiants sont capables de manipuler les modèles numériques des systèmes astrophysiques, plutôt que de simplement regarder des images statiques ou des vidéos préexistantes, les aide-t-il à mieux comprendre ces systèmes? Ainsi, une expérience pratique du planétarium numérique aide-t-elle les étudiants à saisir la grandeur du système solaire mieux que des images statiques? Cela les aide-t-il à comprendre les orientations des orbites planétaires les unes par rapport aux autres mieux que les images statiques de multiples perspectives du système solaire?

La deuxième question est conçue en partie comme valeur de contrôle de la première, pour séparer l'effet d'être dans le planétarium de celui d'être *en contrôle* du planétarium. Il est possible que les étudiants apprennent plus efficacement lorsqu'ils sont responsables de leur propre apprentissage. Cependant, il est également possible que même notre planétarium simplifié demeure assez complexe pour qu'une solide orientation de la part d'un spécialiste soit nécessaire pour progresser. Nous soulignons, toutefois, qu'aucune de nos interventions pédagogiques ne serait considérée comme une approche d'enquête au sens rigoureux – nous n'avons pas fourni le soutien pédagogique détaillé et le temps de réflexion qui caractérisent la véritable approche d'enquête. Nous avons simplement cherché à vérifier si, dans le cas spécifique de l'utilisation d'un planétarium pour apprendre l'astronomie, l'inclusion d'un niveau d'interactivité de base aide ou nuit à l'apprentissage des étudiants.

La troisième question a pour but d'examiner l'efficacité d'une présentation de planétarium pour accroître l'engagement des étudiants à l'endroit de l'astronomie, comme composante du style d'enseignement « très interactif ». Par « très interactif », nous entendons que les étudiants de notre cours AST 101 ont de très nombreuses façons de collaborer les uns avec les autres, avec les assistants d'enseignement et avec les professeurs. On leur offre également plusieurs activités parascolaires différentes dont certaines sont

facultatives. Nous voulons savoir si, dans ce contexte, les présentations de planétarium, du type que nous sommes en mesure d'offrir, jouent un rôle utile dans l'engagement des étudiants.

Nous soulignons que nous n'avons pas essayé de répondre à ces questions – en particulier aux deux premières – dans le contexte idéalisé d'un laboratoire. Cette étude ne cherche pas à savoir s'il est *possible* qu'une présentation interactive de planétarium donne lieu à des gains conceptuels plus élevés que les autres types de présentation. Nous tentons plutôt de comparer l'efficacité de présentations de planétarium interactives et non interactives, *dans le cadre d'une classe nombreuse sous la responsabilité d'un groupe typique d'assistants d'enseignement, dont les antécédents et les niveaux de compétence varient.*

Il est possible qu'en travaillant avec de petits groupes d'étudiants dans des conditions de laboratoire, on arrive de manière itérative à la meilleure méthode possible d'utilisation d'un planétarium pour accroître les gains conceptuels et la participation des étudiants. Cela nécessiterait l'élaboration d'un inventaire des concepts qui peuvent être enseignés dans un planétarium. Cela nécessiterait également de nombreuses répétitions de l'expérience dans des différentes conditions. Ce n'était pas le but de notre étude. Nous voulions plutôt utiliser le planétarium *in situ* pour déterminer si, dans un cas d'utilisation très plausible, le niveau d'interactivité au cours d'une présentation de planétarium a une incidence significative sur les résultats des étudiants.

Recherches antérieures sur l'utilisation des planétariums dans l'enseignement

Il est bien établi que de nombreux étudiants de tous les âges éprouvent de la difficulté à apprendre les sciences (Hodson, 2009 p. ex.). Les enseignants en science ont suggéré plusieurs explications pour cette situation, dont le contexte socioculturel, les politiques et le sexe (Aikenhead et Michell, 2011; Baker, 2002; Roth et Calabrese Barton, 2004). Si bon nombre de ces explications sont controversées, un point fait consensus : les concepts scientifiques qui requièrent de la pensée abstraite et des visualisations complexes, comme celles que l'on trouve en physique et en astronomie, sont particulièrement difficile à saisir pour les étudiants (Prather et al., 2009; Taylor et al., 2003). La question devient plus préoccupante lorsque les étudiants atteignent le niveau postsecondaire où le niveau d'abstraction des concepts scientifiques augmente progressivement, en particulier en astronomie. On voit de plus en plus les simulations informatiques et autres technologies interactives comme des techniques puissantes pour aider les étudiants à apprendre des concepts scientifiques complexes (Edelson, 2001; Winberg & Berg, 2007; Songer, 2007).

Une grande partie des ouvrages existants sur l'utilisation des planétariums en éducation portent sur les planétariums de l'ancien style et sont axés sur les élèves de l'élémentaire. Prenons à titre d'exemple des explications de la cause des saisons. Ce concept est constamment difficile à comprendre pour les élèves aussi bien que pour les enseignants, en partie parce qu'il nécessite un raisonnement spatial et temporel. Atwood et Atwood (1996) ont constaté que sur 49 enseignants en formation (niveau élémentaire), un seul a été en mesure d'expliquer correctement la cause des saisons; la majorité des autres ayant fourni une explication incorrecte. Selon Plummer (2008), de jeunes enfants qui avaient appris les causes des saisons selon une approche fondée sur le planétarium affichaient une meilleure compréhension que ceux qui avaient appris selon une approche traditionnelle. Un de nos objectifs est de déterminer si les étudiants qui sont capables de manipuler un modèle tridimensionnel du système solaire comprennent mieux les concepts liés à la taille et à la forme du système solaire et d'appliquer cette compréhension à de nouveaux contextes.

Mallon et Bruce (1982) ont trouvé que les présentations de planétarium participatives avaient une incidence significative sur la compréhension des étudiants et leur appréciation des sciences. Les sujets de cette étude étaient de jeunes enfants alors que, pour notre part, nous voulons vérifier les effets des présentations interactives de planétarium sur les attitudes des étudiants de premier cycle. De plus, ces études définissent l'interaction verbale comme de la « participation », alors que nous proposons de permettre aux étudiants de

manipuler eux-mêmes les projections au planétarium, à l'aide d'un dispositif de contrôle simple. Contrairement aux travaux de Mallon et Bruce (1982), une méta-analyse de Brazell et Espinoza (2009) de 19 études a montré que, si les planétariums sont efficaces pour améliorer l'apprentissage des étudiants, ils ne se sont pas avérés efficaces pour améliorer les attitudes des étudiants à l'endroit de la science. Brazell et Espinoza (2009) ont également souligné que les méthodes de recherche employées dans de nombreuses études citées manquent de rigueur, souffrent de l'effet statistique du petit N et ne portent pas généralement sur l'utilisation interactive d'un planétarium. Nous espérons traiter de chacune de ces trois questions dans le cadre de la présente étude. Il existe beaucoup plus d'ouvrages solides sur l'engagement des étudiants que sur l'utilisation des planétariums dans l'enseignement. On s'entend généralement pour dire que lorsque l'on enseigne des sciences physiques, le style d'enseignement axé sur « l'engagement interactif » produit des gains conceptuels plus importants dans la mesure où les activités d'engagement sont mises en œuvre d'une manière pédagogiquement rigoureuse. Les travaux d'envergure de Richard Hake et de ses collaborateurs, résumés par Hake (2002), démontrent clairement qu'une variété de méthodes d'enseignement interactives, comme les activités pratiques et l'enseignement par les pairs, produisent de façon fiable des gains conceptuels significativement supérieurs dans les cours d'introduction à la physique que les méthodes d'enseignement traditionnelles (cours magistral ininterrompu). Après avoir examiné de nombreuses autres explications possibles pour cette constatation, Hake conclut que l'effet est réellement attribuable au niveau plus élevé d'engagement dans le processus d'apprentissage. Par conséquent, un de nos objectifs est de déterminer si la pédagogie fondée sur le planétarium favorise ou non l'engagement, séparément de ses effets sur les gains conceptuels.

Méthodes et méthodologie

L'étude a été menée dans le cours *AST 101: The Sun and Its Neighbours*, durant la session d'automne 2012, à l'Université de Toronto. Le cours AST 101 a commencé avec 1 350 étudiants et 1 201 d'entre eux l'ont terminé. Le cours n'est ouvert qu'aux étudiants qui ne font pas une spécialisation en sciences physiques (c.-à-d. que les étudiants en physique, en chimie, en biologie, en informatique, en mathématique et en génie sont exclus, mais ceux des sciences de la vie sont admis). La majorité des étudiants du cours – et par conséquent, la majorité des participants à l'étude – sont en sciences humaines et sociales, et leurs domaines d'études sont aussi variés que la criminologie, le commerce, la musique, l'éducation physique, le théâtre, et les langues étrangères. La population étudiante de l'université de Toronto étant très diversifiée, les participants à l'étude affichent un ensemble très varié d'ethnicités, de langues maternelles, d'origines nationales et d'antécédents scolaires.

Quelques données sur le planétarium aideront à l'interprétation des résultats notre expérience. Notre planétarium est un dôme géodésique gonflable, acheté en 2009 d'Elumenati², qui peut accueillir confortablement 25 étudiants, et qui utilise le progiciel Uniview³ pour montrer toute partie de l'univers observable actuellement connu. Une photo du dôme paraît à la figure 1.

² <http://www.elumenati.com/products/geodome/>

³ <http://sciss.se/uniview.php>

Figure 1 : Photographie du planétarium GeoDome, installé dans un stade pour un événement spécial. Normalement, le planétarium se trouve au sous-sol de l'édifice de l'astronomie.



Une méthodologie mixte a été utilisée pour réaliser l'étude (Tashakkori et Teddlie, 1998). Elle regroupait plusieurs méthodes quantitatives et qualitatives indépendantes de collecte de données. L'analyse reposait sur des procédures qualitatives et quantitatives et, à l'occasion, sur la transformation de données d'une forme à l'autre afin de révéler les tendances et modèles importants pour répondre aux questions de recherche. Selon Creswell et Plano Clark (2007), ce type de méthodologie convient particulièrement bien aux études sur des sujets très peu établis et qui requièrent une exploration en profondeur. Dès le départ, l'équipe de recherche a déterminé qu'il s'agissait du contexte qui décrivait le mieux le sujet à l'étude.

Nous avons recueilli deux principales formes de données :

1. Avant et après le test auprès de chaque étudiante et étudiant de chaque séance de planétarium et de classe dirigée faisant partie de l'expérience (principalement pour répondre aux questions de recherche un et deux ci-dessus).
2. Entrevues avec un petit sous-groupe (environ 40) de participants (principalement pour répondre à la question de recherche trois ci-dessus).

Nous avons effectué un suivi de certaines données démographiques pour chaque étudiante et étudiant, dont le sexe, l'année d'études et la participation à une classe dirigée.

Nous avons recruté les étudiants à l'aide du système de gestion de l'apprentissage Blackboard, que l'on appelle « portail » à l'Université de Toronto et dans l'ensemble du présent document. Lorsque les étudiants se connectaient au portail pour ce cours, ils étaient invités à participer à notre étude. Les formulaires de consentement et de renseignements pour la recherche figurent aux annexes A et B respectivement. Au départ, 1 005 étudiants ont accepté de participer à l'étude (440 hommes et 565 femmes).

L'organisation d'une aussi grande classe est plutôt compliquée et comprend plusieurs sections de classes dirigées et assistants d'enseignement (AE). Chaque semaine, les étudiants devaient participer à un cours magistral de deux heures et à une classe dirigée d'une heure. Notre expérience a été menée durant les classes dirigées. Nous avons procédé à trois itérations complètes de notre expérience au cours du semestre. Pour chaque itération, les étudiants ont été divisés en trois groupes d'intervention :

1. le groupe « C », qui a participé à une classe dirigée ordinaire;
2. le groupe « Pa » qui a assisté à une présentation de planétarium animée par une ou un AE;
3. le groupe « Pe », qui a participé à une présentation de planétarium dirigée par les étudiants eux-mêmes et leurs pairs.

Au cours des trois itérations de l'expérience, chaque section de classe dirigée (et par conséquent chaque étudiante et étudiant) faisait le tour de chacun des trois groupes. Chaque étudiante et étudiant avait ainsi une expérience similaire à celle des autres et personne ne bénéficiait ou ne souffrait plus que les autres de nos différents types d'intervention. Cette approche a été approuvée dans le cadre de l'examen éthique de notre recherche. Il convient cependant de noter que le sujet de la séance de planétarium variait d'une itération à l'autre de l'expérience, en fonction du programme du cours.

Pour comprendre les résultats de notre expérience, il est important de savoir comment s'est déroulé chaque type d'intervention. Les activités du début et de la fin étaient les mêmes pour chaque type d'intervention. Chaque séance commençait par un prétest comprenant trois questions et administré par un système de réaction de l'auditoire (cliqueurs) et se terminait par un posttest administré de la même façon. Chaque type d'intervention est décrit plus en détail dans la partie qui suit.

- **L'intervention « C » ou classe dirigée**

Les étudiants de ce groupe ont participé à une classe dirigée standard, d'une durée habituelle de 50 minutes, mais réduite par la suite à 30 minutes comme nous l'expliquerons plus loin. Durant la classe dirigée, l'AE orientait les étudiants dans le cadre d'une discussion sur le contenu du programme de cette semaine du cours. Pour chaque classe dirigée, les AE recevaient un petit nombre de diapositives préparées, principalement des images astronomiques, un plan de discussion et souvent un ensemble d'activités en petit groupe. Puisque 12 AE, possédant différents niveaux d'expérience, animaient 32 sections de classes dirigées, la constance de la mise en œuvre du plan des classes dirigées a varié énormément. Certains AE – surtout les moins expérimentés – avaient tendance à adopter une approche minimalement interactive de type « cours magistral ». D'autres, ont adopté une approche plus interactive, consacrant la majeure partie de leur temps à poser des questions et à répondre à des questions. Nous insistons sur l'uniformité de la prestation des plans des classes dirigées, mais dans la pratique cela n'est pas toujours possible.

- **L'intervention « Pa » ou séance de planétarium dirigée par une ou un AE**

Dans le cadre de cette intervention, les étudiants ont fait l'expérience d'une présentation de planétarium dirigée par une ou un AE ayant reçu une formation. Il s'agissait d'une présentation « en direct » non préenregistrée, mais l'AE devait suivre le plan fourni. De cette façon, les groupes C et Pa sont similaires : dans l'un et l'autre cas, l'AE est « responsable » du processus d'apprentissage. Dans les deux types d'intervention C et Pa, l'AE est libre d'interagir avec les étudiants, de répondre à leurs questions et même de laisser les étudiants façonner l'expérience. Par exemple, les étudiants pouvaient demander une vue particulière ou soulever un sujet de discussion particulier durant la classe dirigée. La mesure dans laquelle une ou un AE permettait ce niveau élevé d'interactivité lui était tout à fait personnelle. La taille des groupes visés par ce type d'intervention allait de 1 à 20 étudiants (15 en moyenne).

- **L'intervention « Pe » ou la séance de planétarium dirigée par les étudiants**

Dans le cadre de cette intervention, les étudiants avaient le contrôle absolu du planétarium. On leur a fourni une interface de contrôle simplifiée – une console de jeux vidéo dont les boutons étaient programmés pour contrôler certains aspects du planétarium touchant les concepts sur lesquels ils devaient investiguer. Ainsi, dans le cadre d'une activité concernant la forme et la taille du système solaire, une manette pouvait zoomer sur le champ de vision, tandis qu'une autre le faisait pivoter. Les boutons pouvaient lancer les orbites de planètes de notre système solaire, activer les grilles montrant l'échelle physique du phénomène montré, etc. Les étudiants de ce groupe ont reçu des « questions difficiles » auxquelles ils devaient répondre durant le temps alloué. Comme pour les présentations Pa, une ou un AE d'expérience était présent pour aider au besoin, mais cette personne avait pour consigne de ne pas diriger l'exploration des étudiants. L'AE ne devait pas non plus toucher aux contrôles, sauf pour montrer leur fonctionnement aux étudiants. L'objectif était de permettre aux étudiants d'utiliser une version simplifiée d'un système complexe pour faire par eux-mêmes des découvertes. Les étudiants étant motivés par les questions reçues et parce qu'ils savaient qu'il y aurait un posttest sur ces questions.

Il convient de noter que ce type d'intervention, bien que dirigée par les étudiants, ne constituait pas une expérience entièrement fondée sur une approche d'enquête. Une activité entièrement fondée sur une approche d'enquête n'était pas possible durant les 30 minutes disponibles pour ces présentations. Néanmoins, nous voulions déterminer s'il était préférable de donner le contrôle de la séance aux étudiants durant le peu de temps disponible ou de prévoir qu'une ou un AE les guide tout au long de la présentation.

Nous avons essayé de former les plus petits groupes possibles pour ce type d'intervention, mais de nombreux facteurs échappant à notre contrôle, tel le temps de planétarium disponible et les horaires des étudiants, ont exercé des contraintes. Les groupes comprenaient en moyenne de cinq à dix étudiants.

Nous avons répété trois fois l'expérience. Au départ, nous voulions qu'il n'y ait aucune différence entre les itérations, de manière à ce qu'elles soient entièrement comparables entre elles. Dans la pratique, nous avons jugé nécessaire de modifier légèrement le protocole après la première itération. Il ne faut pas le perdre de vue dans l'interprétation des résultats : les itérations deux et trois sont comparables l'une à l'autre, mais sont légèrement différentes de l'itération un. Les différences entre les itérations un et les itérations deux et trois sont les suivantes :

- Dans l'itération un, le groupe C a reçu 50 minutes d'enseignement entre le prétest et le posttest. Ce temps a été réduit à 30 minutes dans les itérations deux et trois afin de correspondre à la durée des interventions Pa et Pe.
- Au cours de l'itération un, nous avons constaté que certains AE s'impliquaient trop dans l'intervention Pe, faisant trop de travail pour les étudiants. Pour régler ce problème, nous avons changé le style du plan donné aux AE pour les présentations Pe des itérations deux et trois. Plutôt qu'un scénario pour l'activité, ils ont reçu un ensemble d'objectifs à fixer aux étudiants et des messages à utiliser pour les guider.

Test préalables et postérieurs

L'absence d'un inventaire de concepts validés a posé un défi important à l'étape de l'évaluation des gains conceptuels des étudiants. Par « inventaire de concepts », nous entendons un test diagnostique à choix multiples standardisé des connaissances des étudiants sur un sujet. L'inventaire des concepts canoniques en sciences physiques est le Force Concept Inventory (Halloun et Hestenes, 1985), lequel évalue la

compréhension des lois de Newton par les étudiants. Il existe quelques inventaires de concepts validés en astronomie, comme le Light and Spectroscopy Inventory (Bardar, 2006) et l'Astronomy Diagnostic Test (Deming, 2002). Toutefois, aucun des tests disponibles ne correspondaient à nos objectifs pédagogiques pour ces interventions (ils sont généralement axés sur des cours à plus forte intensité scientifique et couvrent une gamme plus vaste de sujets que nos interventions). De plus, le peu de temps dont nous disposions pour les interventions ne permettait pas l'administration d'un long test. Nous avons plutôt élaboré nos propres prétests et postests, fondés sur notre longue expérience de l'enseignement de ce cours et sur nos objectifs pédagogiques particuliers. Pour cela, nous avons élaboré une longue liste de questions liées à nos objectifs pédagogiques pour l'intervention, puis les avons distribués à nos collègues aux fins de commentaires et d'amélioration. Nous avons raccourci la liste jusqu'à ce qu'elle se limite à six questions par intervention : trois questions préalables et trois questions postérieures (en tout, 18 questions pour les trois itérations de l'expérience). Pour chaque intervention, le style et le contenu des questions préalables et postérieures était assortis, mais pas identiques. Chaque paire mettait à l'essai le même ou les mêmes concepts, mais avec un libellé différent. Nous reconnaissons que cette façon de faire rend plus difficile la comparaison des résultats du prétest et du posttest, mais nous avons pensé qu'il était important que ces tests ne soient pas identiques. Puisque les prétests et les postests étaient administrés à un intervalle de 30 minutes l'un de l'autre, le rendement des étudiants à des questions identiques aurait pu être amélioré du simple fait de la répétition plutôt que par des gains conceptuels réels. C'est pour cette raison que nous avons décidé de varier le libellé des questions. Un échantillon des questions des tests préalables et postérieurs figure à l'annexe C.

Tous les étudiants du cours ont été assignés pour participer aux trois types d'intervention, qu'ils aient ou non consenti faire partie de l'expérience. Seules les notes des étudiants consentants ont été prises en compte aux fins de l'étude. En fait, c'est la seule différence entre étudiants consentants et non consentants.

Groupes de discussion

Lorsque les étudiants ont accepté de participer à l'étude, on leur a demandé d'indiquer s'ils accepteraient d'être invités à participer à un groupe de discussion; en tout, 605 étudiants ont accepté. Notre objectif était d'organiser cinq réunions regroupant chacune dix étudiants. Les invitations ont été envoyées aux participants par courriel. Tous ont reçu une carte-cadeau de 20 \$ (pour iTunes ou Starbuck, selon leur choix) en guise de remerciement. Les invités disposaient de 48 heures pour accepter ou refuser l'invitation. À la fin, 280 invitations ont dû être envoyées pour remplir les places disponibles et les 50 participants confirmés ne sont pas tous présentés à leur groupe de discussion.

Chaque groupe de discussion était administré par deux assistants d'enseignement. Le même adjoint de recherche a facilité tous les groupes, posant un ensemble de questions prédéterminées ainsi que des questions de suivi improvisées. Un deuxième adjoint de recherche surveillait le matériel d'enregistrement et prenait note de l'ordre dans lequel les personnes prenaient la parole (afin d'aider plus tard à la transcription). Les discussions de chacun des cinq groupes ont été plus tard transcrites et les transcriptions vérifiées par d'autres membres de notre équipe de recherche. L'adjoint de recherche ayant facilité les groupes de discussion a également procédé à leur analyse thématique, à l'aide du logiciel NVivo.

Constatations

Données démographiques sur les étudiants et sommaire statistique

Dans le but d'aider à l'interprétation de nos résultats, nous présentons un instantané démographique des étudiants qui ont participé au projet. Comme nous l'avons mentionné plus tôt, des 1 201 étudiants qui ont terminé le cours, 1 005 ont accepté de participer à notre étude. Parmi eux, 852 ont terminé avec succès et le prétest et le posttest dans au moins une itération de l'expérience. Parmi les participants à l'étude, 41 % étaient des hommes et 59 % des femmes, un participant a refusé de préciser son sexe. Ces pourcentages sont à

peu près représentatifs de l'entière population du premier cycle de l'université, composée de 44 % d'hommes, de 56 % de femmes et d'un faible nombre d'étudiants dont le sexe n'est pas divulgué.

Pour ce qui est de l'année d'études, 64 % des participants étaient en première année; 15 %, en deuxième année; 9 %, en troisième année; 11 %, en quatrième année; 0,004 % (3 étudiants), en cinquième année ou dans une année supérieure.

La taille des groupes de chaque intervention variait considérablement. Au début du semestre, le nombre moyen d'étudiants dans chaque section de la classe dirigée était de 42. À la fin du semestre, cette moyenne était descendue à 37,5 étudiants. Cependant, le nombre moyen d'étudiants présents à chacune des interventions variait de façon significative. Le nombre moyen de participants à l'étude ayant pris part à chaque intervention est de 7 pour les Pe et Pa et de 9 pour les classes dirigées. L'écart-type des trois valeurs est 3. Compte tenu du taux de consentement à cette expérience, ces nombres d'étudiants consentants devraient être, en moyenne, d'environ 20 % de moins que le nombre total d'étudiants présents à chaque intervention (c.-à-d. en incluant ceux qui n'ont pas consenti à ce qu'un suivi de leur participation soit effectué).

Résultats quantitatifs

Pour une détermination quantitative des gains relatifs découlant de nos différents types d'intervention, nous avons examiné les gains normalisés produits par chacune. Nous entendons par gains normalisés l'amélioration exprimée en fraction du rendement d'une étudiante ou d'un étudiant au posttest, normalisé par rapport à son score total potentiel. Nous utilisons la formule de Bao (2006) :

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{y - x}{1 - x} > 0 & (y \geq x) \\ \frac{y - x}{x} < 0 & (y < x) \end{cases} \quad (1)$$

où x est la note au prétest, exprimée en fraction, et y est la note au posttest exprimée en fraction. Les valeurs de $g(x,y)$ aux points singuliers sont définies par :

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & (y = x = 1) \\ 0 & (y = x = 0) \end{cases} \quad (2)$$

Ainsi, le gain est normalisé : un gain de 1 signifie que l'étudiante ou l'étudiant affiche l'amélioration maximale possible entre le prétest et le posttest, tandis qu'un gain de 0,5 signifie que la moitié seulement de l'amélioration possible a été réalisée (passant d'un score préalable de 50 % à un score postérieur de 75 % ou de 80 % ou de 90 % par exemple). Nos résultats quantitatifs sont organisés selon les effets : du type d'intervention, de l'AE, de la taille du groupe et du sexe. Une discussion de la signification statistique de ces résultats suit la présentation des résultats.

Type d'intervention

La figure 2 montre les gains normalisés relativement à chaque question séparément, pour les trois types d'intervention, à la première itération de l'expérience. On peut voir que, pour les trois questions, les gains conceptuels les plus importants ont été réalisés dans la classe dirigée et non dans le planétarium. C'est cette constatation qui nous a incités à changer notre technique d'expérimentation pour les deuxième et troisième itérations. Dans la première itération, les classes dirigées étaient presque deux fois plus longues que les présentations de planétarium, ce qui signifie que les étudiants du groupe C disposaient de deux fois plus de

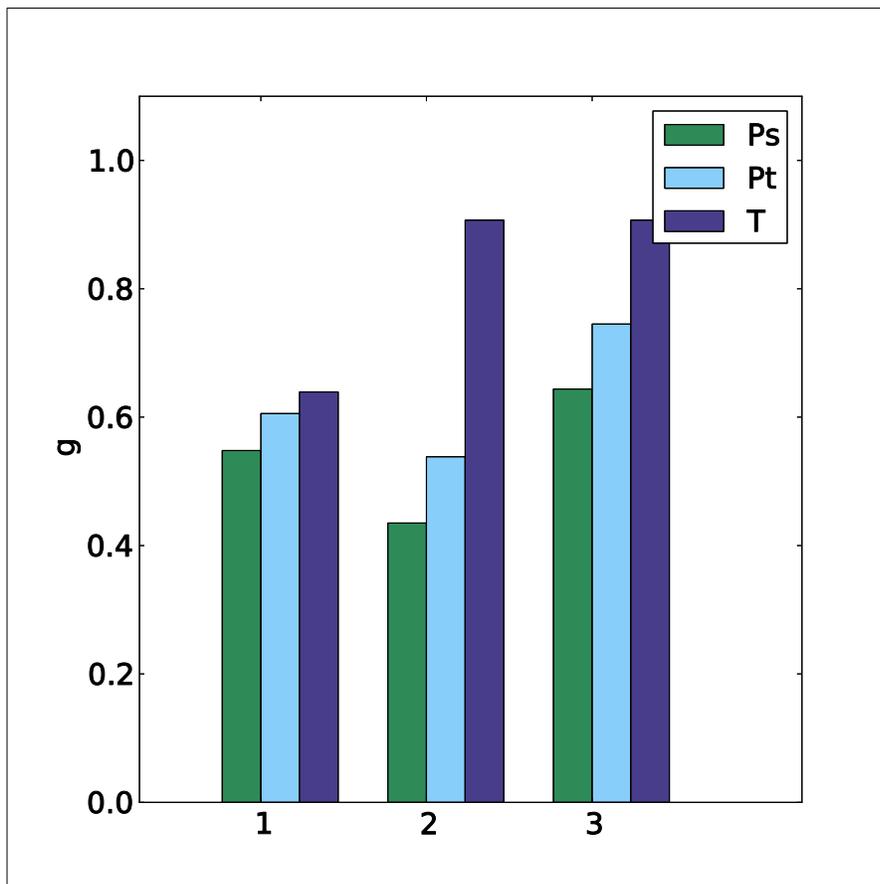
temps que ceux des groupes Pe et Pa pour étudier les concepts astronomiques pertinents⁴. Afin de tenir compte de cet effet, nous avons égalisé la durée de la classe dirigée et des expériences en planétarium pour les itérations deux et trois.

Les figures 3 et 4 montrent la même analyse effectuée pour les deuxième et troisième itérations de l'expérience. Dans ces deux itérations, la durée de tous les types d'interventions étant uniforme, le bénéfice apparent de l'intervention en classe par rapport aux interventions en planétarium disparaît. L'effet de la question elle-même devient plus évident également : il est clair que la deuxième question de l'itération deux de l'expérience convenait beaucoup mieux à la classe dirigée qu'à la séance en planétarium dirigée par les étudiants. Fait intéressant, cette question sur la forme du système solaire est précisément le genre de question faisant appel au raisonnement spatial qui, selon nous, devait mieux convenir à l'expérience de planétarium (la question paraît à l'annexe C). Une étude plus poussée de la pertinence des planétariums numériques pour l'enseignement de concepts spécifiques semble indiquée.

Aucune de ces figures n'inclut d'intervalles d'incertitude. Nos test préalables et postérieurs ne comprenaient chacun que trois questions, les gains résultant sont donc relativement grossièrement discrétisés. Cette discrétisation grossière des gains signifie qu'ils ne sont pas normalement distribués (c.-à-d. pas selon la distribution de Gauss) et que, par conséquent, des incertitudes quant aux gains ne peuvent pas être adéquatement représentées par des barres d'incertitude conventionnelles, montrant l'écart-type des données. Nous avons plutôt fait subir à nos données, pour évaluer la signification statistique, le test de distribution sur les paires Kolmogorov-Smirnov (K-S). Le test K-S compare deux ensembles de données différents sans égard pour leur paramétrage et renvoie la probabilité qu'ils proviennent de la même distribution identique sous-jacente (et inconnue). Nous pouvons par conséquent mesurer la probabilité, p , que les distributions de réponses de deux groupes expérimentaux proviennent de la même distribution identique sans avoir à supposer que l'un ou l'autre ensemble respecte une distribution de Gauss. Aux fins de notre étude, nous avons établi notre seuil de signification statistique à $p \leq 0,05$. Ce qui signifie que lorsque l'on compare deux ensembles de réponses d'étudiants (p. ex., ceux d'un type d'intervention à ceux d'un autre type), nous interprétons la différence comme étant significative si la probabilité que les deux ensembles soient prélevés de la même distribution est inférieure à 5 %.

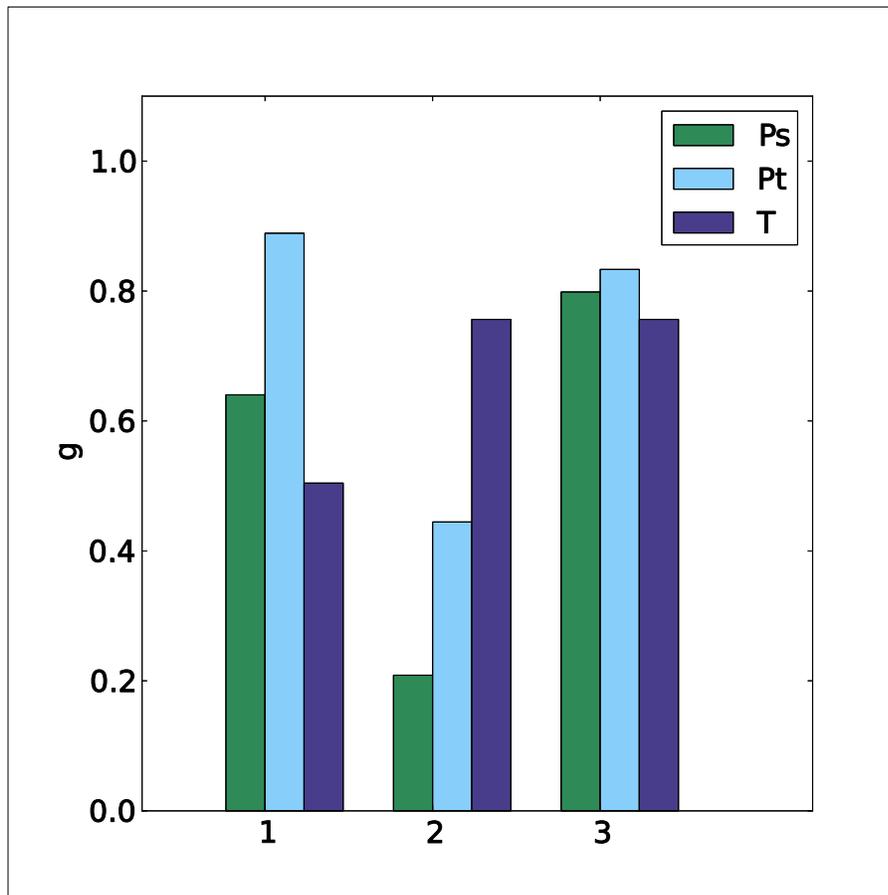
⁴ Le fait que plus de temps ait été alloué aux classes dirigées est une erreur de notre part. Dans le passé, les classes dirigées de ce cours duraient 50 minutes et les présentations de planétarium, 25 minutes (pour permettre de plus petits groupes). Il ne nous ait pas venu à l'esprit d'égaliser les périodes avant que la première itération de l'expérience ait eu lieu.

Figure 2 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 1 de l'expérience



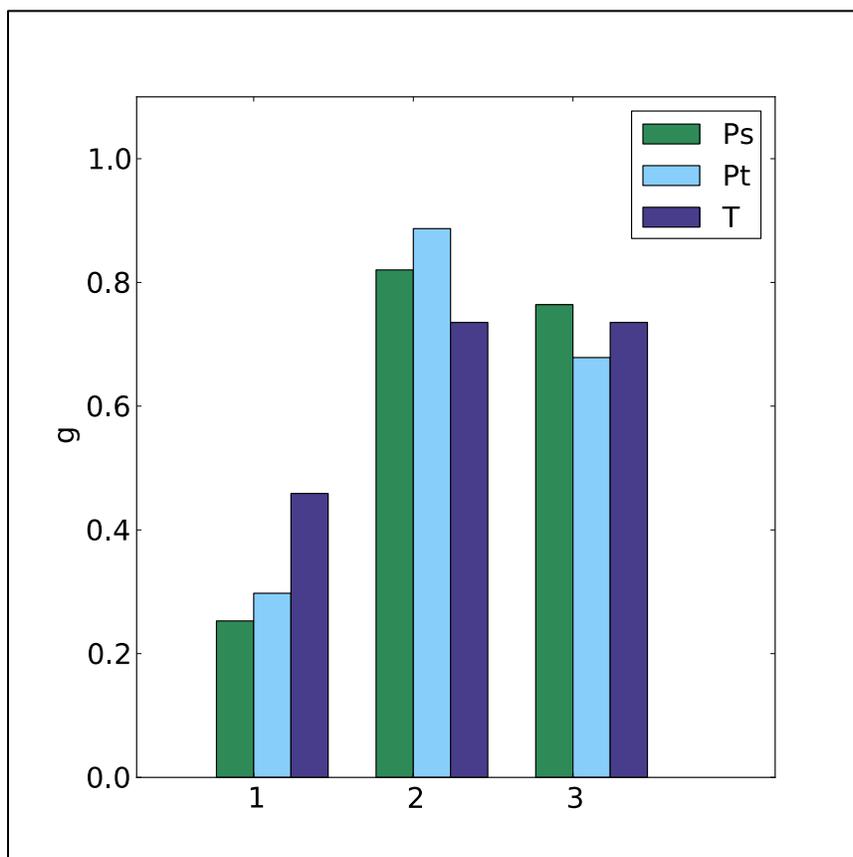
Chaque barre montre le gain normalisé, g , entre le prétest et le posttest pour chacune des trois questions (1, 2 et 3). Les résultats pour les présentations de planétarium dirigées par les étudiants et celles dirigées par les AE paraissent en vert et en bleu pâle respectivement. Ceux des classes dirigées paraissent en pourpre. Se reporter au texte pour une explication de la signification statistique de ces résultats. Nous vous rappelons que, pour cette itération de l'expérience, la classe dirigée durait deux fois plus de temps que les présentations de planétarium; le temps a été égalisé pour les itérations qui ont suivi.

Figure 3 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 2 de l'expérience



Chaque barre montre le gain normalisé, g, entre le prétest et le posttest pour chacune des trois questions (1, 2 et 3). Les résultats des présentations de planétarium dirigées par les étudiants et celles dirigées par les AE paraissent en vert et en bleu pâle respectivement. Les résultats des classes dirigées paraissent en pourpre. Se reporter au texte pour une explication de la signification statistique de ces résultats.

Figure 4 : Gain normalisé en fonction du type d'intervention pour l'itération 3 de l'expérience



Chaque barre montre le gain normalisé, g , entre le prétest et le posttest pour chacune des trois questions (1, 2 et 3). Les résultats des présentations de planétarium dirigées par les étudiants et celles dirigées par les AE paraissent en vert et en bleu pâle respectivement. Les résultats des classes dirigées paraissent en pourpre. Se reporter au texte pour une explication de la signification statistique de ces résultats.

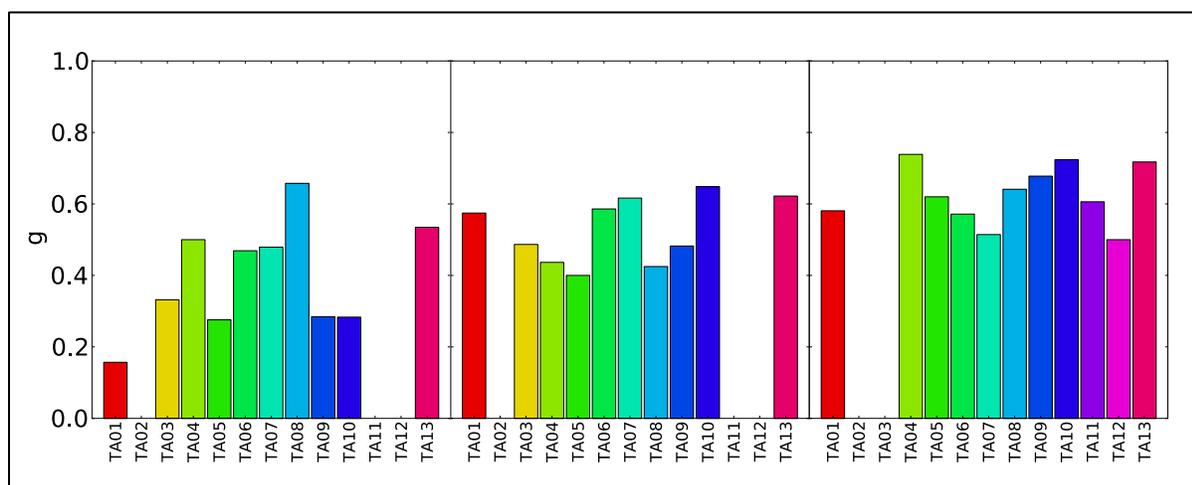
Effets des AE

La variable non contrôlée sans doute la plus importante de notre expérience est le niveau de compétence des AE qui ont dirigé chaque groupe d'étudiants dans le cadre de chaque activité. Nous voulions évaluer l'efficacité de nos méthodes *in situ*, et non pas dans des conditions contrôlées et avec des enseignants choisis soigneusement. Selon notre expérience – et nous le croyons, celle de la plupart des autres enseignants – le bassin d'AE affectés à un cours donné est très hétérogène. La personnalité, les antécédents scolaires, le niveau de maîtrise de l'anglais, le style d'enseignement et le nombre d'années d'expérience de l'enseignement de nos AE sont très différents. Certains arrivent tout juste au deuxième cycle et n'ont reçu que peu d'enseignement en astronomie au premier cycle, tandis que d'autres sont des candidats au doctorat chevronnés qui assument peut-être le rôle d'AE depuis cinq ou six ans. Qui plus est, dans notre établissement, les AE ne reçoivent pas de formation approfondie à leur rôle d'enseignant. Ils ne reçoivent que quelques heures de formation exigée par le syndicat et ce que les enseignants individuels peuvent leur offrir. Considérant tous ces facteurs, nous nous sommes demandé s'il y aurait des différences marquées entre les gains des étudiants en raison de leur AE.

La figure 5 montre l'hétérogénéité de notre bassin d'AE. Elle n'affiche aucune forte tendance, mais de nombreux cas intéressants. Nous interprétons ici les variations entre les gains normalisés comme reflétant en partie l'efficacité des AE en tant qu'instructeurs dans différents contextes (bien que nous reconnaissons que

d'autres facteurs puissent avoir été en jeu). Ainsi, les AE 1, 2 et 10 ont tous produit des gains substantiellement plus élevés dans le cadre de l'intervention Pa que dans celui de l'intervention Pe. Cela laisse supposer que les AE pourraient profiter d'une aide pour administrer plus efficacement la présentation Pe ou que leurs compétences conviennent le mieux aux présentations Pa. L'AE 7 était à peu près également efficace dans tous les types d'intervention, produisant uniformément des gains d'environ 0,5. Les faibles gains réalisés par les AE 1, 5, 9 et 10 dans le type d'intervention Pe portent à croire qu'ils pourraient profiter d'une formation additionnelle sur l'animation plus efficace des présentations Pe.

Figure 5 : Gains normalisés, g, produits par différents AE, pour les trois types d'intervention : Pe (à gauche), Pa (au centre) et C (à droite)



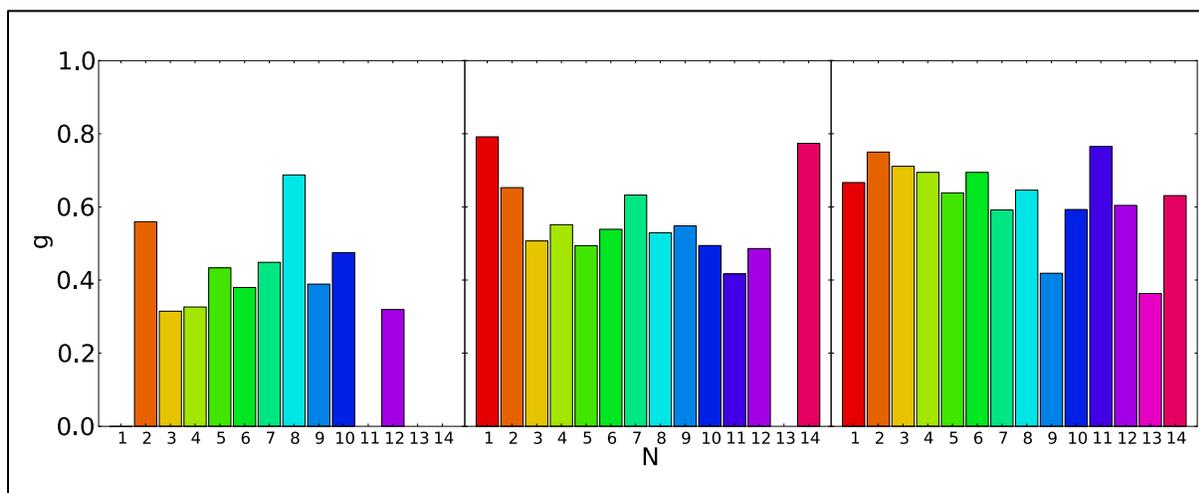
Chaque colonne représente un AE différent. Les AE n'ont pas tous participé à tous les types d'intervention – il manque donc certaines colonnes. L'identité des AE étant la même d'une intervention à l'autre, AE01 est donc comparable d'un graphique à l'autre.

Taille du groupe

On peut raisonnablement prévoir que l'efficacité d'un type d'intervention serait tributaire du nombre d'étudiants participants – de la taille de la classe ou de ce que nous appelons « taille du groupe ». Nous nous attendrions plus particulièrement à ce que dans le type d'intervention Pe, où les étudiants interagissent les uns avec les autres dans le planétarium et partagent l'accès à une ressource limitée (la console de contrôle), un groupe de taille plus petite fasse des gains plus élevés. Mais généralement, cela n'a pas été le cas. La figure 6 montre les gains normalisés des étudiants pour chaque type d'intervention, séparés en fonction de la taille du groupe.

S'il y a quelques différences statistiquement significatives dans la distribution des gains normalisés entre groupes de taille différente, il n'existe pas de tendance claire dans les gains normalisés par rapport à la taille du groupe. Par exemple, les plus petits groupes ne produisent pas régulièrement des gains plus élevés. De plus, les différences les plus significatives entre les groupes de taille différente se retrouvent entre les présentations de planétarium et les classes dirigées par les AE, interventions pour lesquelles nous n'avions pas prévu les effets de taille de groupe les plus importants. Nous nous attendions à ce que la taille du groupe soit un déterminant plus important du succès dans le cadre des présentations dirigées par les étudiants, alors que les étudiants partageaient une ressource limitée – la console de contrôle du planétarium – que dans tous les autres types d'intervention. Ces données nous ont amenés à conclure que la taille du groupe n'est un déterminant significatif de l'efficacité d'aucun de nos types d'intervention.

Figure 6 : Effet de la taille du groupe sur les gains normalisés



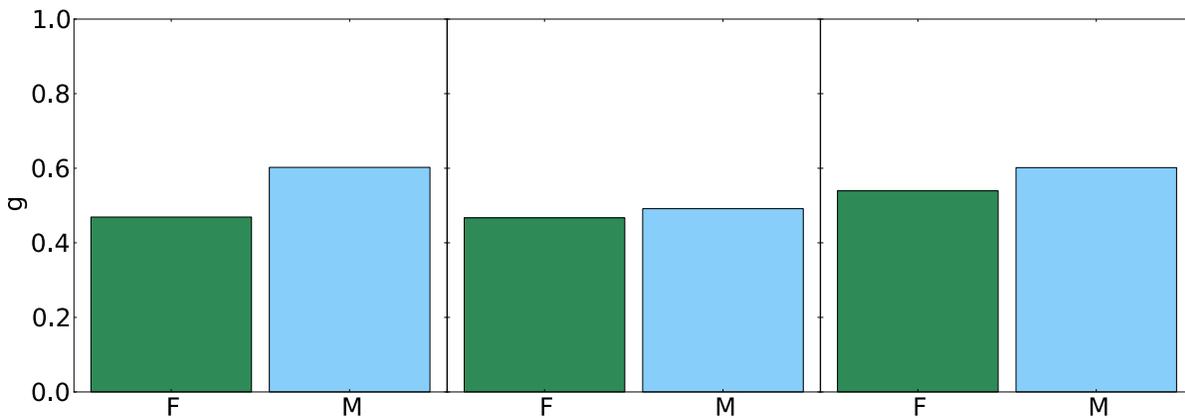
Chaque partie du graphique montre le gain normalisé moyen, g , pour tous les groupes d'une taille donnée, N , participant à une intervention précise pour les trois itérations de l'expérience. De gauche à droite, on peut voir les types d'intervention Pe, Pa et C. Comme nous en avons discuté précédemment, la classe dirigée tend à produire les gains les plus élevés et les présentations de planétarium dirigées par des étudiants, les plus faibles. Notons cependant qu'à l'intérieur d'un type d'intervention donné il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre les tailles de groupe et le gain normalisé moyen. Les groupes plus petits n'obtiennent pas de scores sensiblement meilleurs quel que soit le type d'intervention.

Sexe

Nous avons également envisagé la possibilité que les gains conceptuels soient liés au sexe. Bien que nous ne nous attendions pas à trouver une telle corrélation, nous avons été surpris de constater qu'elle existait dans l'ensemble des données. Cette corrélation est d'abord ressortie des scores du prétest de l'itération un – le tout premier test que les participants à l'étude ont subi et le test le plus exact de leur connaissance antérieure de l'astronomie. À la suite de ce test, le score moyen des étudiantes était de 45 %, tandis que celui des étudiants était de 55 % ($p = 0,0002$).

Cette différence a persisté tout au long de l'expérience, bien que non statistiquement significative pour les tests subséquents. Nous avons constaté que les scores moyens des étudiantes étaient uniformément inférieurs de plusieurs points de pourcentage à ceux des étudiants. Comme le montre la figure 7, nous avons également constaté que les gains normalisés des étudiantes étaient systématiquement inférieurs à ceux des étudiants.

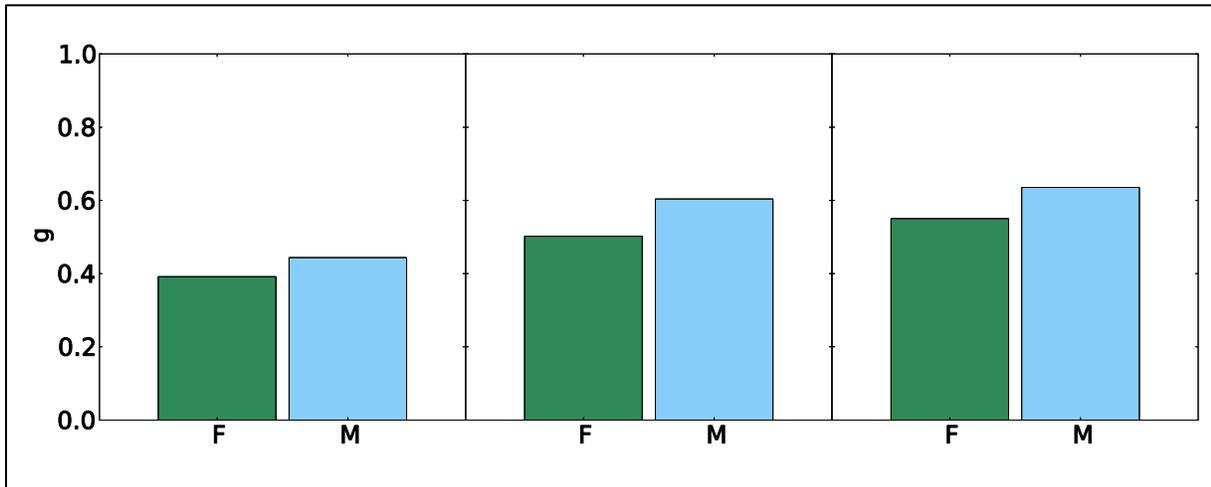
Figure 7 : Gains normalisés en fonction du sexe des étudiants pour les trois itérations de l'expérience (1 à 3, de gauche à droite)



Les barres vertes montrent les gains, g , des étudiantes et les barres bleues, ceux des étudiants. Nous soulignons que, comme il en a déjà été question, les intervalles d'incertitude ne sont pas montrés parce que les données ne sont pas gaussiennes. La seule différence statistiquement significative est constatée dans la première intervention, où $p = 0,005$.

Ces différences entre étudiants et étudiantes persistent dans tous les types d'intervention. On peut voir à la figure 8 que les gains normalisés des étudiants sont supérieurs à ceux des étudiantes.

Figure 8 : Gains normalisés en fonction du sexe pour les trois types d'intervention : Pe (à gauche), Pt (au centre) et C (à droite)



Les barres vertes montrent les gains, g , des étudiantes et les barres bleues, ceux des étudiants. Nous répétons que les intervalles d'incertitude ne sont pas montrés parce que les données ne sont pas gaussiennes.

Signification statistique des résultats quantitatifs

La question de savoir s'il y a des différences statistiquement significatives entre les types d'intervention revêt une importance primordiale. Le tableau 1 montre le jumelage des types d'interventions pour lesquels des différences statistiquement significatives entre les moyennes des gains normalisés sont observées. Dans chaque cas, l'approche qui a donné les gains normalisés les plus élevés est indiquée.

Tableau 1 : Différences statistiquement significatives entre les types d'intervention

	Itération 1		Itération 2		Itération 3	
	Pe	C	Pe	C	Pe	C
Pa	0,2	0,013 (C)	0,01 (Pa)	0,84	0,79	1,0
Pe	-	0,00017 (C)	-	0,0017 (C)	-	0,70

Pour chaque itération de l'expérience, nous comparons les gains normalisés d'un type d'intervention à chacun des autres types. Nous indiquons dans chaque cellule, les valeurs p de ces comparaisons, où le seuil de signification statistique correspond à $p \leq 0,05$. Comparativement aux valeurs p statistiquement significatives (en gras), la meilleure des deux interventions est indiquée entre parenthèses.

Les résultats de l'itération un de l'expérience montrent que les classes dirigées ont produit des gains normalisés supérieurs à ceux des présentations de planétarium dirigées par les étudiants ou les AE. Les deux types de présentations n'étaient pas distinguables pour cette itération. Ces résultats s'expliquent vraisemblablement du fait que les classes dirigées étaient deux fois plus longues que les présentations de planétarium pour l'itération un, donnant aux étudiants davantage de possibilités d'apprentissage avant de subir le postest.

À l'itération deux de l'expérience, les classes dirigées ont encore une fois produit des gains normalisés supérieurs à ceux des présentations de planétarium dirigées par des étudiants, mais ont perdu leur avantage par rapport aux présentations dirigées par des AE. À la suite de cette itération, les deux types de présentations de planétarium ne sont plus équivalents. Les présentations dirigées par des AE ont produit des gains plus élevés. Avec l'itération trois, tous les types d'intervention ont produits des gains statistiquement non distinguables les uns des autres.

En général, nous n'avons pas observé de tendances statistiquement significatives relatives aux gains normalisés liés au sexe, à la taille du groupe ou à l'identité de l'AE, ni non plus à un agencement de ces facteurs. Nous n'avons donc pas, par exemple, observé que les groupes de plus petite taille favorisaient des gains plus élevés quel que soit le type d'intervention et le sexe.

Comme on pouvait s'y attendre, dans quelques cas un AE particulier a produit des gains légèrement supérieurs à ceux des autres AE pour le même type d'intervention, mais pas de tendances fortement statistiquement différentes (par exemple, les AE associés à des gains élevés dans un type d'intervention avaient tendance à produire des gains inférieurs dans un autre type).

Le résultat selon lequel les scores des étudiants et des étudiantes étaient significativement différents au prétest de tous les types d'intervention de l'itération un est le plus significatif de notre analyse d'un point de vue statistique. Il s'agit du tout premier test sur la connaissance de l'astronomie par les étudiants, administré au début du semestre, avant qu'ils aient reçu un enseignement. Cette différence entre les scores diminue durant le semestre, ce qui porte à croire que les étudiantes, bien qu'elles aient commencé avec moins de connaissances en astronomie, ont eu tendance à rattraper leurs pairs masculins au cours de semestre. Cette conclusion est appuyée par l'observation selon laquelle, au moment de l'itération trois de l'expérience, les différences entre les gains normalisés des hommes et des femmes, bien que toujours présentes, se situaient bien au-dessous du seuil de signification statistique.

Constatations qualitatives

Nos résultats qualitatifs découlent des groupes de discussions. Comme nous l'avons décrit précédemment, nous avons intégré cet élément qualitatif à notre conception expérimentale afin d'évaluer ce que pensaient les étudiants des présentations de planétarium comme composante d'une stratégie globale d'enseignement « très interactif ». Les questions posées aux étudiants portaient non seulement sur leur expérience de planétarium, mais également sur d'autres aspects « engageants » du cours. Après avoir procédé à une analyse thématique des transcriptions de notre groupe de discussion, nous avons dégagé les thèmes suivants comme étant les plus significatifs :

1. Les **attitudes** des étudiants envers le cours et les techniques d'enseignement utilisées.
2. Le niveau d'**engagement** en réponse aux différentes techniques utilisées.
3. Les **expériences d'apprentissage** des étudiants, en mettant l'accent sur le *processus* d'apprentissage.
4. Les **gains conceptuels** des étudiants, en mettant l'accent sur les *résultats* du processus d'apprentissage.
5. Les différences liées au **sexe** quant à l'approche au cours et à l'expérience durant celui-ci.
6. Les impressions des étudiants par rapport à l'influence de leur **AE** sur leur propre expérience.
7. Les **suggestions** des étudiants pour améliorer la composante planétarium de l'expérience ou d'autres parties « engagées » du cours.

Nous traiterons, pour l'instant, chacun de ces thèmes séparément l'un de l'autre et des données quantitatives, reportant à la prochaine section notre tentative de synthèse générale.

Attitudes

Les étudiants ont affiché des attitudes mitigées à l'endroit du planétarium : ceux qui avaient participé à une présentation dirigée par un AE étaient modérément positifs au sujet de leur expérience, la jugeant comparable du point de vue de son utilité et de son intérêt à l'expérience de la classe dirigée et généralement supérieure à l'expérience de la présentation de planétarium dirigée par les étudiants. Certains étudiants ont exprimé des réserves quant aux aspects autodirigés des présentations des étudiants. Ils n'avaient généralement pas confiance dans leur capacité de maîtriser le planétarium ou de répondre à des questions en utilisant le planétarium de façon autonome. Cela a donné lieu à des sentiments partagés quant à l'expérience en planétarium : ils l'ont trouvée intéressante et utile jusqu'à un certain point, préférant généralement un style d'enseignement plus traditionnel – un AE animant la classe et moins de responsabilités incombant aux étudiants quant à la direction de l'expérience. Il convient de souligner que la plupart des étudiants étant en première année d'université, la vaste majorité d'entre eux n'auraient jamais participé auparavant à une expérience d'apprentissage autonome de ce type.

Certains étudiants ont remis en question les raisons d'offrir des activités à l'extérieur de la salle de cours :

« Je crois également que parce que c'est à l'extérieur de la salle de cours, personne ne prend cela au sérieux, alors ils s'en moquent parce qu'ils ne font pas le lien entre cela et le travail scolaire. »

« Je crois que c'est une question de temps et la façon dont ça contribue à ma carrière? »

En dépit de ces attitudes dubitatives par rapport au temps consacré au planétarium, la plupart des étudiants ont trouvé le planétarium, en soi, motivant. Ils ont apprécié le côté novateur de l'expérience et le caractère

libre des présentations dirigées par les étudiants. Plusieurs étudiants ont dit avoir trouvé l'expérience du déplacement à travers l'univers « étonnante », même s'ils n'étaient pas certains qu'elle ait favorisé leur apprentissage. Quelques-uns étaient même raisonnablement certains qu'elle ne les avait pas aidés à apprendre plus efficacement que d'autres méthodes, mais ont aimé le planétarium simplement comme outil d'engagement.

« Bien, j'ai trouvé cela agréable. Je n'ai rien appris de nouveau par rapport au manuel du cours ou aux cours, mais je suis heureux qu'elles aient fait partie du cours. »

On pourrait intuitivement s'attendre à ce que les étudiants déclarent que les présentations les plus engageantes ont été celles dirigées par les étudiants; celles qui leur permettaient d'assumer le contrôle et de diriger leur propre apprentissage. Cela n'a cependant pas été le cas. Non seulement, les étudiants ont une impression généralement plus favorable des présentations dirigées par des AE, ils les trouvent également plus engageantes – au même niveau que les classes dirigées et que d'autres aspects hautement intéressants du cours : questionnaires-cliqueurs et travaux interactifs en ligne.

Engagement

Les étudiants ont généralement trouvé l'expérience du planétarium engageante. En fait, ils ont indiqué que leur engagement avait augmenté principalement parce qu'ils avaient participé à une présentation. Ils avaient tendance à apprécier le planétarium en raison de sa capacité de les émerveiller, de les aider à comprendre l'envergure du cosmos et de les amener à participer d'une façon que ne permettent pas les autres médias :

« J'ai trouvé étonnante la première présentation à laquelle j'ai assisté. »

« J'ai appris que l'univers était très grand et qu'il y avait beaucoup d'étoiles. »

« Je pense simplement que c'est une expérience plus engageante. Le fait d'être à l'intérieur du planétarium est plus motivant que d'étudier dans un livre. »

Toutefois, le consensus qui se dégage nettement des réponses des étudiants est que le planétarium était plus utile pour favoriser l'engagement que pour l'enseignement. Une des raisons souvent mentionnées à l'appui de cette opinion est que trop peu de temps a été passé dans le planétarium pour qu'ils le trouvent utile d'un point de vue pédagogique. Les étudiants ont souvent exprimé le désir de passer plus de temps au planétarium, mais selon leurs propres conditions. Par exemple :

« Le planétarium par contre, j'ai beaucoup aimé cela...J'ai trouvé que c'était vraiment utile, mais d'autre part, j'ai senti que c'était un peu bousculé.»

« J'ai pensé que c'était vraiment bien, j'aimerais en avoir un dans mon sous-sol. C'est vraiment agréable à regarder. »

« Le planétarium l'était peut-être un peu moins [intéressant que les classes dirigées], parce que c'était trop court et qu'il était réparti sur tout le semestre. » (L'étudiant fait ici allusion au fait que les présentations étaient dispersées tout au long du semestre plutôt que d'être offertes toutes les semaines comme les classes dirigées.)

Les étudiants avaient tendance à dissocier scrupuleusement leurs *attitudes* par rapport à l'expérience d'apprentissage en planétarium de son potentiel à les motiver. Ils croient que, bien qu'il n'ait pas toujours été un outil d'apprentissage efficace en lui-même, c'était une expérience engageante qui les a amenés à s'intéresser plus profondément au matériel du cours. Cette dissociation pouvait être très prononcée, presque au point de la dissonance cognitive. Ainsi, la même étudiante qui a formulé le commentaire précédent selon lequel le planétarium est plus motivant qu'un livre a également dit :

« Ce n'était pas si intéressant que ça pour moi personnellement, j'aurais préféré être en classe. »

L'étudiante a concilié ses points de vue en soulignant que bien qu'elle ait trouvé le planétarium en soi engageant, elle n'avait pas aimé l'AE qui a fait la présentation, ni le fait que la présentation ait été dirigée par l'instructeur (cette étudiante n'a pas assisté à une présentation dirigée par les étudiants et n'a donc pas pu commenter cette expérience). D'autres étudiants ont dit qu'ils auraient trouvé les présentations plus engageantes si elles avaient été plus longues et plus fréquentes.

Certaines des expériences des étudiants au planétarium étaient conditionnées par leurs attentes, lesquelles découlaient de visites faites à de plus grands planétariums ou de ce qu'ils savaient de ceux-ci. Voici certaines des réponses typiques :

« J'avais vraiment hâte. Je pensais que ce serait une grosse structure sur le toit de l'immeuble, alors que c'était tout simplement ce petit igloo gonflé; mais c'était vraiment très intéressant. J'ai vraiment aimé ça. »

« Je me souviens que lorsque j'étais en 9^e ou en 10^e année, l'école nous a amené voir un spectacle de planétarium... C'était très impressionnant à ce moment parce que nous étions si petits et que l'on pouvait voir tout l'univers, alors je pense que ça été une expérience personnelle très forte. »

Ces étudiants avaient tendance à trouver notre planétarium d'enseignement un peu décevant, mais leur rappelant leurs expériences antérieures, Pour améliorer l'aspect engagement de l'expérience des étudiants, une installation plus grande et plus impressionnante aiderait certainement.

Expérience d'apprentissage

Les impressions de leurs expériences d'apprentissage des étudiants dans le planétarium étaient extrêmement polarisées, en particulier en ce qui concerne les présentations dirigées par les étudiants. La plupart ont eu l'impression que ces présentations constituaient des expériences d'apprentissage plus faibles que celles des classes dirigées ou des présentations animées par des AE. Ils se sont souvent plaints du manque de structure, parlant de pairs qui « faisaient des choses qu'ils n'étaient pas supposés faire ». D'autres ont exprimé la même insécurité quant à leur participation aux présentations dirigées par des étudiants :

« Je ne l'ai pas touchée [la console] parce que c'était intimidant. J'ai pensé que je ferais mal cela. »

« Je me préoccupais davantage de pas toucher le mauvais bouton que d'apprendre le matériel de la présentation. »

Un autre thème commun est que les étudiants ont eu l'impression d'être parachuté dans l'expérience d'une présentation dirigée par les étudiants. Ils étaient très sceptiques à l'idée de prendre en main leur propre apprentissage. Ils préféreraient de beaucoup être guidés à travers l'expérience par un AE. L'approche de non-intervention de l'AE durant ces séances les a rendus mal à l'aise. Durant ce type de présentation, les AE avaient comme consigne de fournir des messages-guides afin d'aider les étudiants à répondre à leurs propres questions plutôt que de leur répondre explicitement. De toute évidence, cela a rendu les étudiants mal à l'aise.

« C'était tout à fait clair pour moi que lorsqu'un AE est en charge [de la présentation], c'est beaucoup plus utile parce que lorsque vous avez des questions, il y répond vraiment. »

« Je crois que les présentations dirigées par un enseignant ou un instructeur étaient préférables parce que si tu le fais toi-même, tu n'apprends rien et que tu peux plutôt juste aller sur Google. » ”

Néanmoins, une minorité d'étudiants ont perçu de manière très positive leur expérience au planétarium :

« J'ai trouvé le planétarium extrêmement utile... L'AE l'a guidé et puis nous pouvions poser des questions en cours de route et il y avait des questionnaires-clicqueurs pendant toute la durée, pour moi c'était dix fois plus utile que toutes les classes dirigées combinées. »

« Je n'en ai eu qu'une [présentation de planétarium] cette année, mais je crois que nous devrions en avoir plus, parce que c'est probablement la meilleure chose à propos de ce cours, mais nous avons juste manqué de temps.»

Ces résultats reflètent vraisemblablement la diversité des styles d'apprentissage des étudiants.

Enfin, certains étudiants avaient l'impression que le niveau élevé d'immersion que permet le planétarium les aidait à se concentrer sur le sujet de l'heure :

« Il semble simplement que ce qui était couvert durant la séance de planétarium était axé davantage sur les connaissances visées par les questions, tandis que dans la classe, il est plus facile de ne pas se concentrer, de ne pas porter attention. »

Gains conceptuels

On a demandé aux étudiants de parler de l'efficacité de certaines activités du cours pour augmenter leur compréhension de l'astronomie. Ils avaient des réponses très positives concernant les questionnaires-clicqueurs en classe, les travaux en ligne, les cours magistraux, les classes dirigées et l'interaction en ligne. Ils évaluaient de façon modérément positive les présentations dirigées par l'instructeur, mais voyaient de façon globalement négative l'efficacité des présentations dirigées par les étudiants.

Les réponses positives des étudiants avaient tendance à se concentrer sur l'utilité du planétarium pour communiquer les relations spatiales :

« J'ai aimé cela, j'ai aimé être capable de naviguer dans l'espace et de voir la distance, et comme de voir la taille relative des choses. »

« Ça n'a pas vraiment aidé sauf que ça a renforcé le fait que ce sont les planètes et leur alignement. »

« ...Ça a aidé un petit peu, comment sont les planètes et à quoi elles ressemblent les unes par rapport aux autres... »

« Je crois qu'en voyant qu'elles ont la forme d'un disque, la façon dont elles sont alignées, je crois que cela m'a aidé à me rappeler. On explique cela dans le manuel du cours et je pense que c'est bon aussi, mais ça aide également de le voir. » [En réponse à une question sur les façons dont le planétarium a été plus utile que les cours.]

Un pourcentage significatif d'étudiants avaient des sentiments négatifs à propos de leurs gains conceptuels à la suite des présentations de planétarium, quoiqu'ils opposaient souvent ces sentiments à des commentaires à l'effet qu'ils avaient apprécié néanmoins l'expérience du planétarium :

« J'ai aimé cela, mais je n'ai pas trouvé que cela avait changé quoi que ce soit ou que j'en avais retiré quelque chose, Je crois que je suis neutre. J'ai quand même aimé ça, mais je ne pense pas que ça ait changé quoi que ce soit. »

« J'ai aimé le planétarium. Je l'ai aimé même si je ne pense pas avoir appris grand-chose, mais je l'ai aimé en tant que spectacle. Pas que j'aie appris quelque chose de nouveau ou que nous ayons fait quelque chose d'amusant, mais j'aime le planétarium. »

Certains étudiants avaient tout simplement une impression négative générale du planétarium, exprimant une forte préférence pour les classes dirigées :

« Ça ne m'a pas intéressé personnellement, j'aurais préféré être dans ma classe dirigée. »

« Je veux juste laisser tomber le planétarium et aller à ma classe dirigée ordinaire, parce que c'est vraiment inutile et que je ne vois vraiment pas pourquoi nous ferions ça. »

Sexe

Il a très peu été question durant les groupes de discussion de la relation entre le sexe des participants et l'expérience dans le cours. Cependant, les étudiants de sexe masculin avaient tendance à apprécier davantage le planétarium. La plupart des commentaires négatifs provenaient des étudiantes. Il est difficile de vérifier la signification de cette observation en raison du nombre relativement faible d'étudiants (hommes et femmes) qui ont participé aux groupes de discussion.

Influence des AE sur l'expérience du planétarium

Les étudiants se sont généralement prononcés clairement sur l'effet de l'AE sur le façonnement de leur expérience dans le planétarium. Plusieurs étudiants ont loué leurs AE parce qu'ils les ont aidés durant la présentation dirigée par les étudiants.

« Je me souviens que pendant la présentation dirigée par les étudiants tout le monde avait la chance d'exercer le contrôle et qu'elle [l'AE] nous demandait d'en arriver à un consensus pour répondre à chaque question... Elle nous guidait. Je pense que c'était très utile parce qu'elle nous encourageait vraiment à nous parler entre nous. »

« Il [l'AE] connaissait vraiment sa matière. Il essayait d'expliquer tout ce qu'il pouvait. »

Les étudiants ont également attiré l'attention sur le rôle critique joué par l'AE dans les autres types d'intervention, comme en témoigne cette remarque typique :

« Je crois que les classes dirigées étaient très utiles, je veux dire que mon AE était très bonne. Si vous ne compreniez pas un concept, elle consacrait toute la classe dirigée à vous aider à le comprendre. Je crois que mon AE était très très bonne pour cela, j'ai donc trouvé les classes dirigées très utiles. »

Par contre, certains étudiants ont exprimé beaucoup de frustration à l'égard des AE, en particulier en ce qui a trait à leurs aptitudes à l'enseignement ou à la gestion de classe, comme l'illustre ce commentaire :

« Personnellement, je pense que mon AE ne savait pas du tout ce qu'elle faisait. Je veux dire, je crois qu'elle comprenait la matière, mais ses aptitudes à l'enseignement n'étaient pas très bonnes et je ne crois pas qu'elle comprenait comment elle aurait dû gérer la classe. »

Suggestions

Les participants aux groupes de discussion ont formulé volontiers des suggestions sur la manière d'améliorer l'expérience du planétarium pour la rendre à la fois plus engageante et plus utile d'un point de vue pédagogique. Ils étaient particulièrement intéressés par les changements à apporter aux séances dirigées

par les étudiants. De façon générale, leurs suggestions mettent l'accent sur l'amélioration de la dynamique de groupe, l'augmentation de la fréquence des expositions au planétarium, le prolongement de la durée de chaque visite au planétarium et la nécessité d'une expérience plus structurée ou d'un soutien pédagogique plus important. Plusieurs étudiants ont dit qu'ils auraient plus apprécié les séances dirigées par les étudiants s'ils avaient connu les personnes avec lesquelles ils travaillaient. Ils ont trouvé difficile de collaborer avec des gens qu'ils ne connaissaient pas, en particulier parce qu'ils ne connaissaient pas non plus l'équipement et que le temps était limité. Ils auraient préféré avoir plus de temps pour se « souder » en tant qu'équipe avant de relever des défis incertains.

La durée des présentations s'est révélée source particulière de préoccupation, bien que nombre d'étudiants aient eu de la difficulté à décider s'ils voulaient qu'elle soit plus longue ou plus courte. Le consensus semble être que, compte tenu de leur structure, ils ne voudraient pas que les présentations soient plus longues (principalement parce qu'ils ne les pensaient pas efficaces et ne jugeaient pas qu'elles méritaient qu'ils y consacrent plus de temps), mais que si elles étaient améliorées, ils aimeraient qu'elles durent plus longtemps.

« Au sujet de la durée des séances au planétarium, 20 minutes, suffisaient parce que je ne crois pas que j'aurais pu en supporter davantage dans cette pièce et cet atmosphère. Mais avec un meilleur contenu, je dirais que c'est probablement trop court. »

« S'ils les améliorent, c'est selon moi ce qui arrivera, ce qu'ils essaient de faire, alors je crois que 20 minutes ne suffiraient pas parce tu as l'impression d'en vouloir plus. »

Certains étudiants ont pensé que l'expérience aurait été plus intéressante si elle avait été plus strictement soutenue ou plus individualisée et libre :

« Oui, il faut la perfectionner, c'est trop contrôlé. J'ai aimé cela, je ne détesterais pas y avoir accès tout le temps. »

« Bien, je crois que si j'étais seul dans le planétarium et que j'avais le temps de faire ce que je voudrais faire, ce serait bien et je pourrais voir juste ce qui m'intéresse. »

Les étudiants ont eu tendance à souligner le fait que pour que l'expérience soit bénéfique, il faudrait qu'elle soit mieux intégrée au cours et qu'elle ait lieu plus fréquemment. Ils n'ont pas aimé que le contenu de la présentation ne soit pas nécessairement lié à ce qu'ils apprennent en classe durant la même semaine⁵. Un étudiant a résumé la question comme suit :

« Je crois qu'au lieu de n'avoir qu'une ou deux présentations, il devrait y en avoir une chaque semaine, et que le contenu devrait correspondre à ce qui serait vu en classe cette semaine-là, plutôt que de retourner un mois en arrière, et d'apprendre les choses que vous avez apprises il y a un mois. »

En dernier lieu, certains étudiants ont critiqué l'organisation physique du planétarium. Le nôtre utilise un dôme gonflable; pour qu'il reste gonflé, un ventilateur doit fonctionner continuellement, ce qui produit un bruit de fond que certains étudiants ont trouvé accablant.

« Je ne pense pas que j'aurais pu supporter plus longtemps cette pièce, cet atmosphère. »

« Je trouvais ça un peu difficile de me concentrer à cause du son [ventilateur] et parfois la voix de l'AE est faible et je n'entends pas très bien. »

⁵ En raison des problèmes d'horaires inhérents à la division d'une grande classe en petits groupes pour le planétarium et de la nécessité de s'assurer qu'un nombre statistiquement significatif d'étudiants vivaient tous des expériences comparables, il n'a pas été possible de faire correspondre parfaitement les présentations de planétarium et les cours.

Conclusions et recommandations

Sur la base de nos résultats, nous pouvons répondre assez succinctement à nos trois questions de recherche : les présentations interactives de planétarium améliorent la compréhension des concepts astronomiques par les étudiants, mais dans notre expérience spécifique, les gains ont été légèrement inférieurs à ceux découlant de présentations dirigées par des AE experts ou de classes dirigées fondées sur la discussion d'une même durée. Malgré cela, les étudiants ont généralement trouvé que les présentations de planétarium les amenaient à s'engager davantage envers l'astronomie et ils voient des éléments prometteurs dans le style interactif de présentation de planétarium.

Plus précisément, nous concluons que :

1. Les présentations de planétarium ne sont pas intrinsèquement meilleures que les classes dirigées pour augmenter les gains conceptuels à court terme des étudiants. Les figures 2 à 4 ainsi que le résumé du tableau 1 le démontrent clairement. En fait, il existe une mince preuve que, lorsque le même temps est alloué aux deux types d'intervention, les classes dirigées ont tendance à permettre des gains conceptuels supérieurs.
2. Les étudiants qui ne sont pas en science et qui suivent pour la première fois un cours d'astronomie éprouvent beaucoup de difficulté lorsqu'ils doivent utiliser de manière autonome un planétarium, en particulier lorsque leurs pairs sont présents (et, on le présume, exercent une pression). Cela s'avère même lorsqu'on leur confie une interface de contrôle simplifiée pour les aider à répondre à un ensemble préétabli de questions. Nos présentations de planétarium dirigées par des AE ont permis des gains normalisés marginalement plus élevés et ont été préférées par les participants aux groupes de discussion.
3. Les activités de planétarium de style enquête peu structurées ne fonctionnent pas aussi bien en tant qu'outil occasionnel d'enseignement. Les étudiants croient sincèrement que, pour que les activités soient efficaces, ils auraient besoin de passer beaucoup plus de temps dans le planétarium, de préférence en petits groupes de pairs qu'ils connaissent.
4. Les présentations de planétarium de 20 à 30 minutes ne sont pas assez longues pour constituer une expérience d'apprentissage satisfaisante, à moins que la séance ne soit guidée par un présentateur d'expérience. Même dans ces circonstances, ils préféreraient une classe dirigée plus longue à une présentation de planétarium plus courte.
5. Malgré leur évaluation globalement négative des présentations de planétarium en tant qu'outil d'apprentissage, les étudiants ont eu l'impression que les présentations de planétarium étaient des outils importants pour favoriser l'engagement et pour illustrer certaines relations spatiales pas facilement représentées par des images statiques ou des films.
6. Les étudiantes ont eu tendance à obtenir des scores légèrement inférieurs à ceux des étudiants au prétest (10 % de moins au début du cours) et leurs gains normalisés étaient légèrement inférieurs après chacun des trois types d'intervention. Ces résultats forment un modèle cohérent, mais n'ont pas une signification statistique forte lorsqu'interprétés séparément.
7. Nous ne voyons pour aucun des trois types d'intervention de corrélation forte entre la taille du groupe et les gains normalisés.

Sur la base de ces conclusions, nous pouvons suggérer à l'intention d'autres enseignants plusieurs plans d'action pour inclure les séances de planétarium dans leurs cours.

D'abord, mettre l'accent sur l'engagement. À moins de porter une très grande attention au soutien pédagogique de l'expérience de planétarium, une présentation de planétarium ne sera pas nécessairement plus utile aux étudiants d'un cours d'introduction qui ne sont pas inscrits en science que de simplement leur expliquer les concepts (dans une classe dirigée). Cependant, la plupart des étudiants ont trouvé les présentations de planétarium inspirantes et engageantes.

Ensuite, lorsque l'on utilise des présentations de planétarium comme outils pédagogiques dans le cadre d'une classe nombreuse d'étudiants non spécialisés en science, il est probablement important de prévoir de nombreuses heures de planétarium par étudiant. Les étudiants prennent du temps pour s'habituer à l'expérience du planétarium; ils peuvent au départ la trouver déconcertante s'ils n'ont pas suffisamment de temps pour s'adapter. Idéalement, les étudiants seraient exposés de multiples fois au planétarium, ce qui leur donnerait le temps d'acquérir la compétence nécessaire pour utiliser l'interface de contrôle avant d'essayer d'assimiler des concepts astronomiques avec cette interface. Trouver les ressources AE pour gérer un si grand nombre de présentations pour autant d'étudiants relèvera véritablement du défi pour la plupart des enseignants des grandes universités.

Puis, il faut garder à l'esprit que les présentations de planétarium peuvent également avoir des utilisations pédagogiques inconnues des étudiants et pas éprouvées spécifiquement. Nous soulignons que les étudiants ayant participé à notre expérience ont exprimé des opinions fortement négatives au sujet des présentations dirigées par les étudiants, même si elles n'étaient pas significativement pires d'un point de vue statistique que les présentations animées par les AE, et souvent semblables aux classes dirigées. Nous croyons qu'il serait bénéfique de réaliser d'autres recherches sur les différences précises entre l'enseignement d'un concept à un petit groupe d'étudiants (peut-être même individuellement) dans un planétarium et l'enseignement d'un concept dans une classe formelle axée sur la discussion. Il est tout à fait possible que les planétariums soient bons pour des choses que nous n'avons pas encore envisagées ou mesurées.

Enfin, la valeur d'un programme rigoureux de formation des AE ne peut pas être sous-estimée. Au sein de notre établissement (que nous croyons typique), les AE ne reçoivent que quelques heures de formation dont la plupart portent sur les politiques et non sur la pédagogie. Toute autre formation des assistants d'enseignement doit être soustraite de leur salaire contractuel très limité. Il est par conséquent très difficile de bien former les AE à l'utilisation du planétarium et de leur allouer suffisamment de temps pour qu'ils animent des présentations pour tous les étudiants de grandes classes. Ce problème d'horaire a peut-être été le plus important de notre démarche. Cela signifiait que les AE qui administraient les présentations devaient le faire avec relativement peu de formation et qu'il pouvait n'y avoir que peu d'heures de planétarium offertes dans l'ensemble. Certains de nos AE avaient suffisamment d'expérience des techniques fondées sur une approche d'enquête pour tirer le meilleur parti du peu de temps disponible pour les présentations dirigées par les étudiants, mais d'autres ont eu de la difficulté. Les étudiants ont souligné qu'ils avaient l'impression que les AE n'étaient pas suffisamment préparés et que les présentations étaient trop courtes.

La meilleure solution à ce problème serait d'allouer plus d'heures de formation aux AE et encore plus d'heures pour que les présentations aient lieu plus fréquemment. Cela pose un problème pratique. Toute augmentation du temps de formation ou du temps passé dans le planétarium devrait être déduite des autres heures prévues dans les contrats des assistants d'enseignement. Nous examinons une autre option, soit d'administrer parallèlement plusieurs planétariums, de sorte que les étudiants pourraient travailler seuls ou en paires, partageant pendant plus de temps de petits planétariums, et seraient supervisés collectivement par un seul AE. Notre hypothèse est que le fait d'avoir 20 étudiants répartis dans 10 planétariums et supervisés par un seul AE (et peut-être un système informatisé de messages-guides) mènerait vraisemblablement à des gains conceptuels plus importants (bien que possiblement un engagement moindre) que le scénario selon lequel 20 étudiants sont regroupés dans un planétarium avec un seul AE. Les coûts de l'équipement de planétarium étant à la baisse, une telle approche pourrait être possible bientôt. Cependant, avant de mettre en œuvre une telle stratégie, il serait utile d'effectuer une étude à plus petite échelle sur l'efficacité potentielle des présentations de planétarium interactives dans des circonstances similaires (petit nombre d'étudiants, période d'accès aux installations plus longues).

Nous recommandons également d'autres études sur la façon dont les étudiants de sexe différent apprennent les concepts d'astronomie. Nous avons décelé un léger biais en faveur des étudiants de sexe masculin, dans les résultats du prétest et les gains normalisés. Il serait extrêmement précieux de savoir si cette observation peut être reproduite dans d'autres contextes.

Bibliographie

- Aikenhead, G. et H. Michell (2011). *Bridging Cultures: Indigenous and scientific ways of knowing nature*, Toronto : Pearson Canada.
- Atwood, R. K. et V. A. Atwood (1996). « Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of the seasons », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, n° 5, p. 553-563.
- Baker, D. (2002). « Where is gender and equity in science education? » *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, n° 8, p. 656-663.
- Bao, L. (2006). « Theoretical comparisons of averaged normalized gain calculations », *American Journal of Physics*, vol. 74, n° 10, p. 917-922.
- Bardar, E. M. (2006). « Development and Validation of the Light and Spectroscopy Concept Inventory », *Astronomy Education Review*, vol. 5, n° 2, p. 103-113.
- Brazell, B. D. et S. Espinoza (2009). « Meta-analysis of Planétarium Efficacy Research », *Astronomy Education Review*, vol. 8, n° 1, p. 1-11.
- Creswell, J. W. et V. L. Plano Clark (2007). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, Thousand Oaks, CA : Sage.
- Deming, G. (2002). « Results from the Astronomy Diagnostic Test National Project », *Astronomy Education Review*, vol. 1, n° 1, p. 52-57.
- Edelson, D. C. (2001). « Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 38, n° 3, p. 355-385.
- Hake, R. (2002). « Lessons from the Physics Education Reform Effort », *Conservation Ecology*, vol. 5, n° 2, p. 28. En ligne : <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art28/>.
- Halloun, I. A. et D. Hestenes (1985). « The initial knowledge state of college physics students », *American Journal of Physics*, vol. 53, p. 1043-1055.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about Science: Language, theories, methods, history, traditions and values*, Rotterdam, Pays-Bas : Sense.
- Mallon, G. L. et M. H. Bruce (1982). « Student achievement and attitudes in astronomy: An experimental comparison of two planetarium programs », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 19, n° 1, p. 53-61.
- Plummer, J. (2008). « Students' Development of Astronomy Concepts across Time », *Astronomy Education Review*, vol. 1, n° 7, p. 139-148.
- Prather, E. E., A. L. Rudolph et G. Brissenden (2009). « Teaching and learning astronomy in the 21st Century », *Physics Today*, vol. 62, no 10, p. 41-47.
- Roth, W. M. et A. Calabrese Barton (2004). *Rethinking Scientific Literacy*, New York : Routledge Falmer.
- Songer, N. B. (2007). « Digital resources versus cognitive tools: A discussion of learning with technology », in S. K. Abell et N. G. Lederman (éd.), *Handbook of Research on Science Education* (p. 471-491), Mahwah, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

- Tashakkori, A. et E Teddlie (éd.). (1998). *Mixed Methodology: Combining qualitative and quantitative approaches*, Thousand Oaks, CA : Sage.
- Taylor, I., M. Barker, et A. Jones (2003). « Promoting mental model building in astronomy education », *International Journal of Science Education*, vol. 25, n° 10, p. 1205-1225.
- Winberg, T. M., & Berg, C. A. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry exercise: Effects of a computer simulated pre-lab. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44, p. 1108-1133.

