

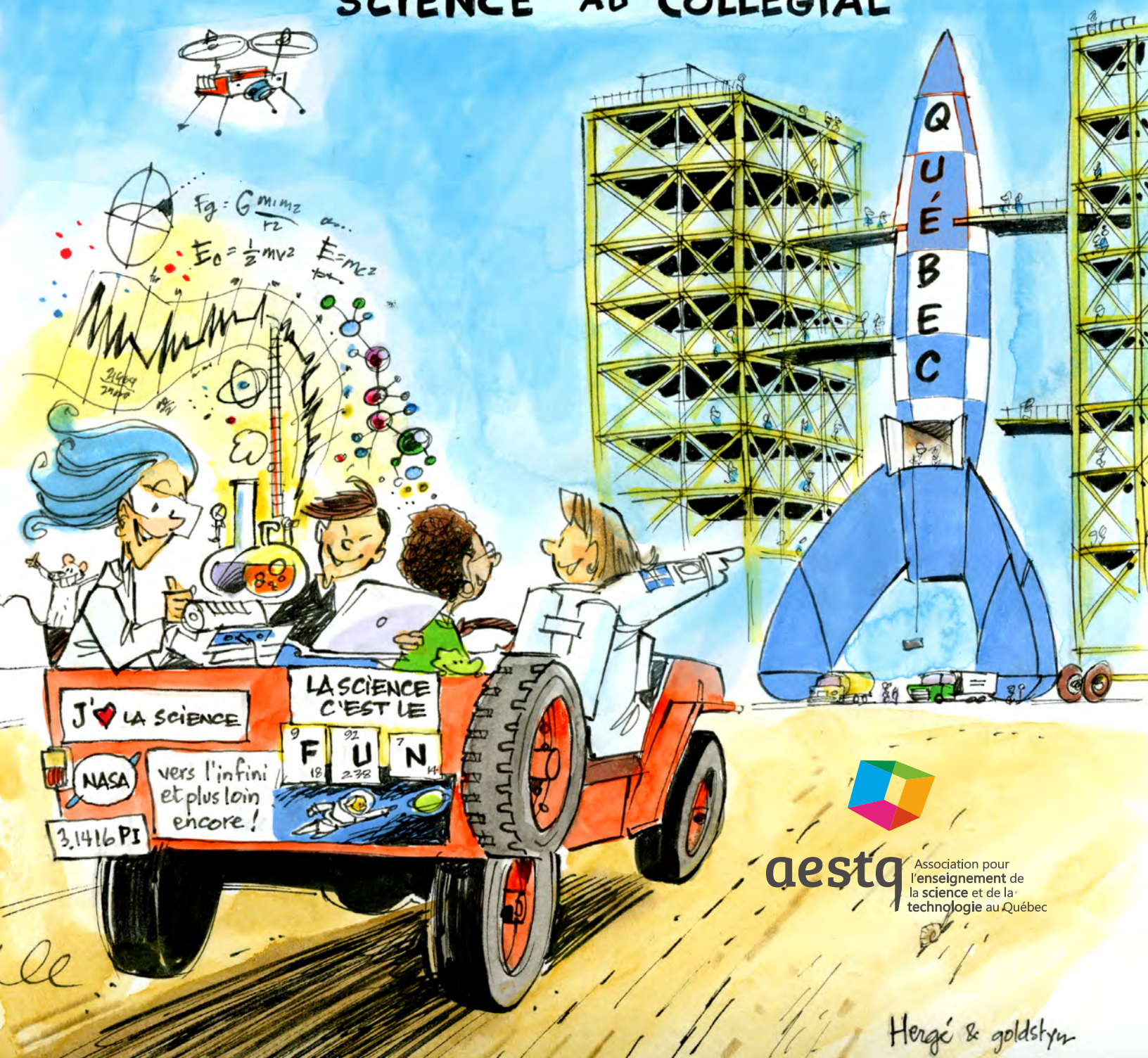
Spectre

Volume 52 / numéro 1 / novembre 2022

Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec

OBJECTIF

SCIENCE AU COLLÉGIAL



aestq

Association pour
l'enseignement de
la science et de la
technologie au Québec

Hergé & goldstyn

Sommaire

Spectre / volume 52 / numéro 1 / novembre 2022

NUMÉRO THÉMATIQUE

Mot de la coordonnatrice	3
Cette forêt compte combien d'arbres?	5
Et si le laboratoire était la solution?	8
Être queer et enseigner la biologie au collégial	12
La classe semi-inversée grâce au devoir numérique	15
L'apprentissage actif dans l'enseignement des sciences au collégial	19
Les <i>méchants problèmes</i> qui font réussir	23
L'intégration des apprentissages dans le nouveau programme de sciences de la nature	27
L'enseignement par modélisation en physique	31
Paroles de prof	35
L'interdisciplinarité en Sciences de la nature au collégial	39
La réalité virtuelle pour mieux apprendre les sciences	42
Une méthode pour enseigner la méthode	49

Tarif d'abonnement (taxes incluses) :

Abonnement individuel : 40 \$

Abonnement institutionnel : 75 \$

Adhésion à l'AESTQ (abonnement et taxes inclus) :

Membre régulier : 70 \$

Membre étudiant ou retraité : 40 \$

Spectre

Revue publiée par l'Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec (AESTQ)



aestq Association pour
l'enseignement de
la science et de la
technologie au Québec

11665, Philippe-Panneton
Montréal, Québec H1E 4M1
Téléphone : 514 948-6422

Directrice générale
Camille Turcotte/camille.turcotte@aestq.org

Coordonnatrice, communications et événements
Caroline Guay/caroline.guay@aestq.org

Rédacteur en chef
Phylippe Laurendeau

Comité de rédaction
**Geneviève Allaire-Duquette / Isabelle Arseneau /
Jean-Philippe Ayotte-Beaudet / Caroline Cormier /
Kassandra L'Heureux / Mathieu Riopel**

Comité de lecture
**Marie-Claude Beaudry / Mina Berrached /
Nancy Bérubé / Martin Brouillard / Éric Durocher /
Samar El-Horr / Thomas Fournier / Alexandre Gareau /
Mélanie Gravel / François Guay-Fleurent /
Annick Lafond / Claudine Laplante / Nathalie Lavoie /
Charline Liard-Arbour / Claude-Émilie Marec /
Nadia Ratthé**

Auteurs et autrices
**Caroline Cormier / Ed Hudson / Véronique Turcotte /
Guillaume Cyr / Emmanuelle Goulet /
Louis Normand / David Beaulieu / Julie Roberge /
Bruno Voisard / Stéphan Bourget /
Aurélien Gauthier-Houle / Dominic Haché /
Frédéric Prud'Homme / Hélène Mathieu /
Mathieu Dubreuil-Cousineau / Martin Lepage /
Alain Toutloff / Christine Marquis /
Bruno Poellhuber / Sébastien Wall-Lacelle /
Frédéric Parrot / Caroline Dupont**

Graphisme et mise en page
Viva Design

Illustration de la couverture
Jacques Goldstyn

La direction publiera volontiers les articles qui présentent un intérêt réel pour l'ensemble des lectrices et des lecteurs et qui sont conformes à l'orientation de *Spectre*. La reproduction des articles est autorisée à la condition de mentionner la source. La reproduction à des fins commerciales doit être approuvée par la direction. Les opinions émises dans cette revue n'engagent en rien l'AESTQ et sont sous l'unique responsabilité des auteures et auteurs. Les pages publicitaires sont sous l'entière responsabilité des annonceurs.

Dépôt légal : 4^e trimestre 2022, ISSN 0700-852X



Mot de la coordonnatrice

Le programme collégial de Sciences de la nature tel qu'on le connaît sera bientôt chose du passé : une nouvelle version sera implantée à partir de l'an prochain dans les collèges. Cette mise à jour touche beaucoup de monde, puisque Sciences de la nature est l'un des programmes comptant le plus de personnes inscrites parmi tous les programmes collégiaux. En effet, en 2021-2022, plus de 28 000 personnes¹ (16 % de toutes celles inscrites à un diplôme d'études collégiales au Québec) étudiaient les sciences au collégial préuniversitaire. Les sciences au collégial, ce sont aussi les sciences appliquées des programmes techniques scientifiques, qu'on pense seulement aux soins infirmiers ou aux technologies du génie (physique, civil, informatique...). Au total, c'est donc près de 65 000 étudiantes et étudiants qui suivent une formation scientifique au collégial.

Une telle abondance génère des réflexions riches de la part de nombreux intervenants du réseau collégial, tant les professeurs et professeures que les conseillères et conseillers pédagogiques. C'est pourquoi nous avons le plaisir de vous présenter ce numéro thématique de la revue *Spectre*, qui présente un vaste éventail de préoccupations, d'enjeux et de stratégies tirant leur origine du réseau collégial – et de ses corolaires.

Autour du nouveau programme, des contenus à enseigner et des occasions que ce renouveau permet, deux articles sont présentés :

- Bruno Voisard, du Cégep André-Laurendeau, présente une réflexion sur l'intégration des apprentissages à travers les cours du programme, notamment dans le but de permettre le développement d'habiletés de haut niveau.
- Martin Lepage, du Collège Laflèche, et Alain Toutloff, retraité du Cégep de l'Outaouais, présentent quant à eux des recommandations, appuyées sur leurs travaux de recherche, pour une meilleure intégration de l'interdisciplinarité dans le nouveau programme de sciences.

Dans deux autres articles, on met la table pour des discussions avec les profs, sur deux enjeux particulièrement vifs : la pandémie et l'identité de genre.

- D'abord dans leur article « Paroles de profs », Aurélie Gauthier-Houle, enseignante en physique au Cégep de Saint-Laurent, Dominic Haché, directeur adjoint, Service des ressources éducatives, au Centre de services scolaire Marguerite-Bourgeoys (CSSMB), Frédéric Prud'Homme, conseiller pédagogique en mathématiques au CSSMB, Hélène Mathieu, chargée de projets, acceSciences, au Regroupement des collèges du Montréal métropolitain (RCMM) et Mathieu Dubreuil-Cousineau, conseiller pédagogique en science et technologie au CSSMB relatent des discussions interordres qui ont eu lieu entre des profs de secondaire et des profs de cégep autour des contenus essentiels, dans le contexte douloureux de l'adaptation de l'enseignement pendant la pandémie.
- Ensuite, Guillaume Cyr présente un échange qu'il a mené avec une prof, Dominique Dubuc, qui s'appuie sur son identité personnelle pour réfléchir à la façon fondamentalement binaire et dichotomique dont les contenus relatifs à la sexualité sont souvent enseignés dans les cours de biologie.



Caroline Cormier
Cégep André-Laurendeau

¹ Données tirées du tableau *Effectif à l'enseignement collégial selon diverses variables, au trimestre d'automne, Québec, de 2008-2009 à 2021-2022*, de la Banque de données des statistiques officielles sur le Québec, consultée le 26 septembre 2022.



La résolution de problèmes riches – voire interdisciplinaires – dans l’objectif de faire développer des habiletés de haut niveau est une préoccupation de nombreux profs du collégial. Elle est traitée dans trois articles.

- Edward Hudson, du Collège John Abbott, présente les estimations de Fermi, ces approximations d’ordre de grandeur qui développent la pensée critique et permettent, à terme, aux étudiants et étudiantes de mieux comprendre le discours social et politique.
- David Beaulieu et Julie Roberge, du Cégep André-Laurendeau, présentent les *méchants problèmes*, c’est-à-dire des problèmes en situation authentique, qui participent au développement des habiletés de raisonnement scientifique et qui stimulent la motivation.
- Frédéric Parrot et Caroline Dupont, du Cégep de Sainte-Foy, décrivent une expérience pédagogique qu’ils ont vécue dans un cours entièrement développé autour d’un problème touchant à la fois à la science et à des préoccupations citoyennes.

Quatre articles parlent quant à eux de stratégies pédagogiques actives visant à soutenir les apprentissages et à contribuer au développement des habiletés de haut niveau.

- Louis Normand, du Collège de Rosemont, met la table en dressant un portrait de l’apprentissage actif, reconnu depuis plusieurs années comme la façon la plus efficace d’enseigner les sciences. Il y distingue les méthodes à risque faible de celles à risque élevé, et présente des recommandations pour son implantation.
- La classe semi-inversée comme pédagogie active est décrite par Emmanuelle Goulet, du Cégep du Vieux Montréal, qui l’a expérimentée dans ses cours de physique. Dans son article, elle décrit son dispositif et formule des conseils pratiques pour les profs.
- Une autre pédagogie active, le laboratoire par enquête guidée, est décrite par Véronique Turcotte, du Cégep André-Laurendeau. Elle présente sa recherche le mettant en scène, en tant que stratégie de changement conceptuel autour du concept de saturation, une notion de chimie qui pose souvent problème aux étudiants et étudiantes.
- Stéphan Bourget, du Cégep Vanier, présente enfin l’enseignement par modélisation, une méthode d’enseignement qui se fonde aussi sur le changement conceptuel, cette fois en physique, et qui permet de placer les étudiants et étudiantes au centre de l’action en classe.

Au fil de ces onze articles, vous découvrirez des réflexions, des pratiques pédagogiques et des résultats de recherche en éducation qui témoignent du caractère fertile des discussions sur l’enseignement des sciences au collégial. C’est avec une grande fierté que toute l’équipe de la revue *Spectre* vous présente un numéro thématique étoffé, pertinent et éclairé qui saura assurément intéresser les lecteurs et lectrices de tous les ordres d’enseignement.

Bonne lecture!

Cette forêt compte combien d'arbres?

ESTIMATIONS DE FERMI COMME OUTIL DE NUMÉRATIE

Ed Hudson, Cégep John Abbott College

La réaction entre le cyanure d'hydrogène (HCN) gazeux et l'hydrogène gazeux forme de la méthylamine (CH_3NH_2) gazeuse. Le ΔH pour cette réaction est de -158 kJ/mol de méthylamine formée. Calculez l'énergie de liaison entre C et N dans HCN en utilisant les données suivantes...

Quelle est la masse de pétrole dans ce camion-citerne?

Laquelle de ces deux questions est la plus difficile sur le plan technique? À l'inverse, laquelle semble la plus intimidante ou la plus difficile pour une cégépienne ou un cégépien en Sciences de la nature, inscrit à un cours de chimie?

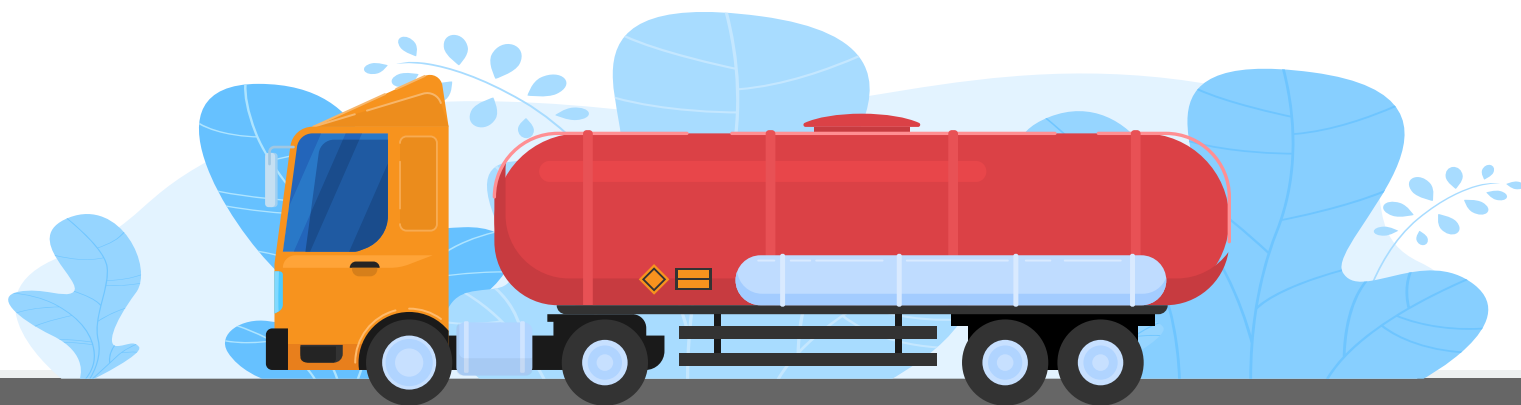
La première question (typique d'un examen de chimie générale au Collège John Abbott) repose sur des méthodes soigneusement enseignées et pratiquées, tandis que la seconde exige de l'initiative, de la rigueur dans l'utilisation des unités et la conviction que la réponse n'a pas besoin d'être parfaite pour être utile.

Dans notre société très complexe, technique et interdépendante, on considère que la numératie est essentielle à la participation démocratique et à la prise de décisions bien informées et fondées sur des données (Frankenstein, 2009; Sakurai *et al.*, 2021). La pandémie de COVID-19 a mis cette nécessité d'autant plus en évidence.

De plus, pour prendre des décisions éclairées, il faut pouvoir appréhender des quantités bien plus grandes que celles de notre expérience quotidienne, et ces quantités sont difficiles

à visualiser et à mettre en contexte. Quelle image mentale se fait-on, par exemple, de 730 millions de tonnes de CO_2 , soit les émissions annuelles du Canada en 2019 (Gouvernement du Canada, 2021)? Ou de $10\,000 \text{ m}^3$ par seconde, soit le débit typique du fleuve Saint-Laurent à Montréal (Gouvernement du Québec, 2022)?

Les étudiants et étudiantes en sciences de la nature devraient être bien placés pour développer leur numératie. La science a des racines mathématiques, et le programme de Sciences de la nature au cégep (tant le programme actuel que le nouveau) comprend trois à quatre cours de mathématique, ainsi que trois cours de physique et deux de chimie qui comportent des composantes mathématiques importantes. Or l'engagement des étudiants envers le contenu quantitatif est souvent mécanique, et n'exige ni ne soutient la réflexion critique sur les données quantitatives ou les estimations. Lorsque nous enseignons les compétences spécifiques, perdons-nous (ou nos étudiants et étudiantes perdent-ils) de vue les compétences générales?



Visualisations et estimations de Fermi : des outils pour développer la numératie

Cet article décrit mon expérience à intégrer des ateliers de visualisation et d'estimation de Fermi dans le cadre de deux cours au choix en Sciences de la nature au Collège John Abbott (202-DDN-05: Chimie de l'environnement et 202/203-ENV-AB: Le dilemme énergétique). Nommée d'après le célèbre physicien Enrico Fermi, qui aurait été un maître dans ce type d'estimation, une estimation typique de Fermi consiste à faire une estimation raisonnable et éclairée d'une quantité inconnue, sur la base de données facilement estimables et de calculs simples qui peuvent idéalement être effectués dans sa tête.

Nous commençons un atelier typique par un « échauffement » au cours duquel nous estimons des quantités telles que la masse de notre édifice ou le nombre de mots dans la bibliothèque du cégep. Ensuite, les étudiants choisissent parmi une liste de questions créatives, suffisamment complexes et originales pour que les réponses ne puissent être trouvées par une recherche sur Internet. Ces questions peuvent être légèrement pratiques :

Pourriez-vous satisfaire la totalité des besoins annuels en eau de votre ménage en recueillant toute l'eau (sous forme de pluie ou de neige) qui tombe sur votre toit au cours d'une année?

ou alors humoristiques :

Imagine que tu dois faire fonctionner ta cuisinière électrique uniquement avec l'électricité produite en pédalant sur un vélo stationnaire. Combien de temps devrais-tu pédaler par jour pour alimenter tes besoins en cuisine (ou ceux de ta famille)? Et, si ton chauffe-eau fonctionne de la même façon, combien de temps devrais-tu pédaler pour chauffer l'eau d'une douche?

Les écureuils sont assez communs à Sainte-Anne-de-Bellevue. La population entière de Sainte-Anne pourrait-elle subvenir à ses besoins en protéines en mangeant uniquement des écureuils « récoltés » dans la ville même?

Des équipes de deux ou trois étudiants et étudiantes disposent d'environ 20 minutes pour formuler une réponse plausible, ou du moins pour élaborer une stratégie pour la trouver. On leur rappelle quatre principes, qui peuvent facilement s'appliquer à d'autres cours ou contextes :

- Ne prenez pas un temps fou à chercher une donnée ou un nombre idéal sur le Web – vous faites de toute façon des approximations. Si vous ne pouvez pas trouver quelque chose rapidement, supposez une valeur raisonnable.
- Arrondissez et estimez. Deux chiffres significatifs sont suffisants.

- Faites très attention aux unités. Certaines sont facilement confondues et conduisent à des erreurs substantielles. (Une erreur fréquente est de confondre une quantité, par exemple, une énergie en kWh ou en joules, ou une masse de CO₂, avec un flux, par exemple, une puissance en watts, ou le taux de CO₂ émis par an.).

et peut-être le plus important :

- Soyez audacieux. Essayez des choses. Ceci est sans risque.

Dans une estimation de Fermi classique, toutes les données d'entrée et tous les calculs doivent venir de la tête. Or j'autorise une certaine recherche sur Internet pour les données brutes en tant qu'entrée de la question, étant donné que ces données sont largement disponibles, mais que la compétence réside dans la façon de les utiliser de manière appropriée. Les équipes présentent ensuite à la classe leur réponse, leur stratégie et leurs hypothèses. Parfois, une discussion animée s'ensuit lorsque les étudiants et étudiantes remettent en question ou critiquent les hypothèses et les stratégies des autres.

Réactions des étudiants

Les commentaires des étudiants indiquent qu'ils apprécient la valeur de ces idées (figure 1), malgré leur malaise initial à être poussés à les utiliser. Voici quelques commentaires écrits d'étudiants ayant participé à ces ateliers pendant un an [traduction libre] :

Cela vous fait adopter une nouvelle perspective lorsque vous abordez un problème, et cela aide à changer l'approche mentale de « brancher des chiffres » à « comprendre le problème ».

Cela nous a montré que nous n'avons pas besoin d'avoir peur d'une tâche qui est écrasante à première vue.

Voir comment les autres étudiants ont estimé différemment et ont parfois pris en compte des facteurs différents, mais les calculs avaient quand même un sens.

S'il vous plaît, continuez à faire cet atelier. Il enseigne plus que de la chimie, c'est une compétence!

C'était l'un de mes ateliers préférés. J'aimerais que cette compétence (et la logique qui la sous-tend) soit davantage mise en avant dans l'enseignement général des sciences.

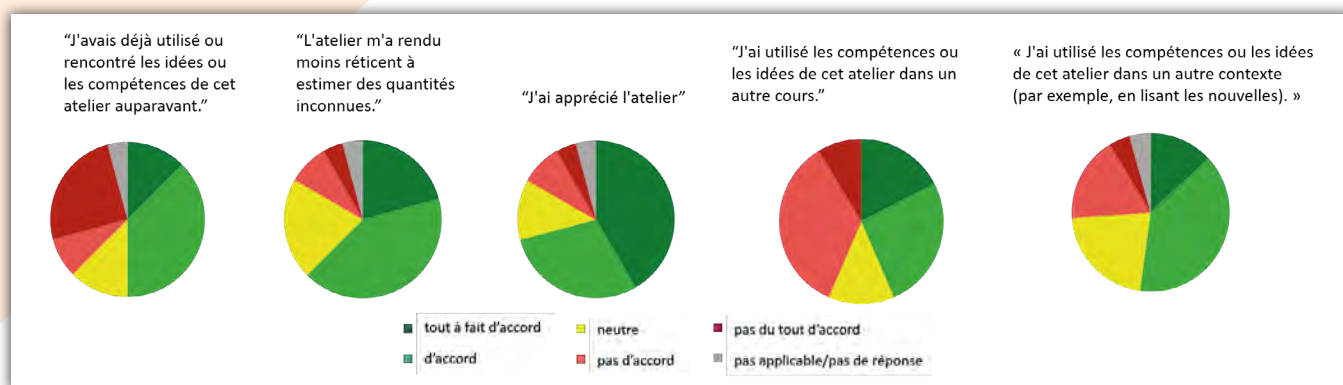


Figure 1 : Réactions des étudiants aux questions sur les ateliers d'estimation de Fermi (23 répondants; traduction libre de l'anglais)

Conclusion

En exigeant de l'initiative, de la créativité et une utilisation critique des données, les problèmes de type Fermi peuvent contribuer à développer les compétences des étudiants et étudiantes en résolution de problèmes. Cependant, il est parfois difficile d'intégrer ces concepts dans nos cours de chimie obligatoires en raison de la quantité de contenu prescrit et du peu de temps disponible, ou peut-être plus en raison de la perception que le contenu est ce qui est le plus important (Peterson et al., 2020). Dans le cadre de la révision du programme de sciences en cours, il existe une opportunité d'encourager nos étudiants à développer une pensée critique et à penser comme des scientifiques (Cormier et Voisard, 2022). Mon souhait est qu'il y aura de la place dans ce programme pour développer une plus grande numératie en utilisant les outils décrits dans cet article. ■



RÉFÉRENCES

- Cormier, C. et Voisard, B. (2022). Nouveau programme collégial québécois de Sciences de la nature: commentaire sur l'article de Désautels (2020) et pistes pour l'intervention. *Can. J. Sci. Math. Techn. Educ.*, 22, 237-249. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00192-8>
- Frankenstein, M. (2009). Developing a critical mathematical numeracy through real real-life word problems. Dans L. Verschaffel, B. Greer, W. Van Dooren et S. Mukhopadhyay (eds.), *Words and Worlds* (vol. 16, p. 111-130). Brill. https://doi.org/10.1163/9789087909383_008
- Gouvernement du Canada. (2021). Émissions de gaz à effet de serre. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/emissions-gaz-effet-serre.html>
- Gouvernement du Québec. (2022). Suivi hydrologique de différentes stations hydrométriques. <https://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=001003>
- Petersen, C. I., Baepler, P., Beitz, A., Ching, P., Gorman, K. S., Neudauer, C. L., Rozaitis, W., Walker, J.D. et Wingert, D. (2020). The tyranny of content: "Content Coverage" as a barrier to evidence-based teaching approaches and ways to overcome it. *CBE- Life Sciences Education*, 19(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.19-04-0079>
- Sakurai, J., Sawatzki, C. et Tout, D. (2021, septembre). Real life numeracy contexts – the spark to ignite mathematics learning. *Teacher*. https://www.teachermagazine.com/au_en/articles/real-life-numeracy-contexts-the-spark-to-ignite-mathematics-learning

SUGGESTIONS DE LECTURE

Mahajan, S. (2010). *Street-fighting mathematics: The art of educated guessing and opportunistic problem solving*. MIT Press.

Et si le laboratoire était la solution?

AMÉLIORER LA COMPRÉHENSION CONCEPTUELLE À L'AIDE DU LABORATOIRE PAR ENQUÊTE GUIDÉE

Véronique Turcotte, enseignante en chimie, Cégep André-Laurendeau

Amener nos étudiants et étudiantes à comprendre des notions conceptuelles représente souvent un défi. La planification de l'enseignement de concepts peut être difficile parce qu'il faut décider comment les enseigner pour qu'ils demeurent à la fois simples et justes (Herron & Eubanks, 1996). Et ça ne s'arrête pas là! En effet, s'assurer que les concepts enseignés ont été intégrés correctement est une autre paire de manches. Il nous est tous et toutes déjà arrivé d'être sous l'impression qu'une personne a bien compris un concept parce qu'elle était capable de répondre correctement à une question, mais une fois son raisonnement verbalisé, on se rend compte que ce n'est pas du tout le cas. Débute alors le véritable défi : corriger la conception alternative. C'est ce qu'on appelle le changement conceptuel (Bêty, 2004; Posner, Strike, Hewson et Gertzog, 1992; Potvin, 2013; Vosniadou, 2019). On retrouve dans les écrits de recherche plusieurs modèles pour provoquer ce changement. Pour y arriver, Potvin (2013) suggère de présenter d'abord la théorie scientifique pour la rendre accessible et par la suite faire prendre conscience des limites des mauvaises conceptions aux personnes qui en ont. Dans le cas de l'enseignement d'un concept scientifique, pourquoi ne pas utiliser le laboratoire pour donner la chance aux étudiants et étudiantes d'expérimenter et de constater les incohérences de leur conception, s'il y a lieu. C'est ce qui a été réalisé dans cette recherche. Le laboratoire, plus particulièrement le laboratoire par enquête guidée, a été employé dans le but de provoquer un changement conceptuel. Ces travaux ont été effectués dans le cadre d'une maîtrise en innovation pédagogique qui portait sur les conceptions alternatives en chimie des solutions.

Dans ce texte, cette méthode pédagogique sera d'abord décrite. Par la suite, nous discuterons de son potentiel pour améliorer la compréhension conceptuelle des étudiants et étudiantes.

Le laboratoire par enquête guidée

Le laboratoire par enquête guidée, comme présenté dans le tableau 1, est un laboratoire dans lequel la question de recherche est imposée par l'enseignant ou l'enseignante alors que les moyens, ou la méthode, pour y répondre sont choisis par les étudiants et étudiantes. Il s'agit d'un laboratoire plus ouvert pour lequel les personnes étudiantes ont davantage de liberté et sont amenées à faire des choix (Blanchard et al., 2010; Cheung, 2011). Il fait contraste avec le laboratoire plus traditionnel, appelé laboratoire de vérification, qui s'apparente davantage à une recette. Les différents types de laboratoires mènent à des apprentissages différents. Le laboratoire de vérification est très utile pour l'apprentissage de techniques par exemple, alors que le laboratoire par enquête guidée est particulièrement approprié pour l'apprentissage de concepts (Abraham, 2011). Le laboratoire par enquête semble donc être un choix cohérent avec l'objectif de ce projet, c'est-à-dire provoquer un changement conceptuel.

Il peut être relativement simple de convertir un laboratoire de vérification en laboratoire par enquête guidée. Farley et ses collaborateurs (2021) proposent d'ailleurs une méthode facile en quatre étapes pour le faire. Cet article est certainement un bon point de départ pour quiconque souhaite implanter cette méthode pédagogique.

Le laboratoire pour mieux comprendre le concept de saturation

Dans cette recherche, le laboratoire portait sur une notion conceptuellement difficile : la saturation des solutions. La séquence d'enseignement, telle que présentée dans la figure 1, se déroule comme suit : le concept est d'abord présenté à l'aide d'une vidéo explicative à regarder à la maison, ensuite des exercices sur le sujet sont réalisés en classe, en équipe. Finalement, le laboratoire par enquête est présenté aux équipes. Du temps est alloué en classe pour concevoir le protocole, puis les manipulations sont réalisées en laboratoire. Cette

Tableau 1 : Les différents types de laboratoires (adapté de Blanchard et al., 2010)

	Question de recherche	Moyen ou méthode	Traitement des données	Catégories d'apprentissage
Vérification guidée	Fournie par l'enseignant	Fourni par l'enseignant	Fourni par l'enseignant	Pratiquer des techniques, apprendre à utiliser un instrument, vérifier une loi ou un principe, récolter des données qui seront analysées en suivant une procédure
Vérification ouverte	Fournie par l'enseignant	Fourni par l'enseignant	Au choix de l'étudiant	
Enquête guidée	Fournie par l'enseignant	Au choix de l'étudiant	Au choix de l'étudiant	Développer l'autonomie, comprendre la nature de la science, développer l'habileté de mise en œuvre de la démarche scientifique
Enquête ouverte	Au choix de l'étudiant	Au choix de l'étudiant	Au choix de l'étudiant	

séquence respecte la suggestion de Potvin (2013) concernant le changement conceptuel.

La tâche demandée lors du laboratoire par enquête est de distinguer expérimentalement trois solutions d'acétate de sodium : une saturée, une insaturée et une sursaturée. Les équipes doivent alors élaborer une méthode qui permet d'atteindre ce but tout en respectant certaines contraintes. La première doit prévoir deux stratégies expérimentales différentes qui prouvent l'identité des trois solutions. En obligeant les étudiants et étudiantes à avoir plusieurs stratégies expérimentales différentes, on augmente les chances qu'ils soient témoins de phénomènes expérimentaux qui peuvent leur faire prendre conscience des limites de leur conception.

La deuxième contrainte est l'imposition d'une liste de matériel. Bien évidemment, cette liste limite les stratégies expérimentales qui peuvent être employées pendant le laboratoire. Néanmoins,

le matériel fourni permet une grande variété de stratégies expérimentales, notamment le titrage acidobasique, la mesure de l'indice de réfraction, l'ajout de soluté et le refroidissement des solutions. La liste de matériel permet aussi de guider les équipes dans la préparation de l'expérience. En effet, plusieurs l'utilisent comme point de départ pour l'élaboration de leur méthode. Certaines personnes vont repérer un article dans la liste et se questionner sur la méthode qui utiliserait ce matériel pour atteindre le but. Voici un exemple de raisonnement : « J'ai accès à de la glace, je sais que la glace permet de refroidir la solution, comment le refroidissement des solutions pourrait me permettre d'identifier les solutions saturée, insaturée et sursaturée? »

Les retombées du laboratoire par enquête guidée

Ce dispositif didactique a été testé auprès de 107 étudiants et étudiantes du cours de *Chimie des solutions* (202-NYB-05) au Cégep André-Laurendeau à la session d'hiver 2020. Leur compréhension conceptuelle a été évaluée à l'aide de deux questionnaires. Un premier a été distribué après l'enseignement formel du concept de saturation, mais avant le laboratoire par enquête guidée. Le deuxième a été soumis à la suite du laboratoire par enquête guidée.

Après la portion théorique, seulement 39 % des étudiants et étudiantes avaient bien compris le concept de solution saturée, insaturée et sursaturée selon leur performance au questionnaire. Ce résultat semble confirmer qu'il s'agit d'une notion conceptuellement difficile. Pourquoi donc n'ont-ils pas bien compris le concept après la séquence théorique? Une piste d'explication pour ce résultat faible réside dans le fait que les difficultés des étudiants et étudiantes ne sont pas nécessairement manifestes pour l'enseignant ou l'enseignante. Une rétroaction appropriée ne peut alors être fournie. Ce constat rappelle l'importance de faire verbaliser le raisonnement des étudiants et étudiantes le plus souvent possible pour tenter de valider leur compréhension, mais aussi, qu'il est pertinent de concevoir des activités d'apprentissage susceptibles

PRÉSENTATION DU CONCEPT	Visionnement d'une vidéo à la maison sur le concept de saturation.
APPROPRIATION DU CONCEPT	Travail en équipe en classe sur des exercices en lien avec le concept de saturation.
ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE EXPÉRIMENTALE	Conception en classe en équipe d'un protocole permettant de distinguer trois solutions dont une est saturée, une est insaturée et l'autre est sursaturée.
EXPÉRIMENTATION	Réalisation en équipe au laboratoire du protocole élaboré en classe.

Figure 1 : La séquence pédagogique pour l'apprentissage du concept de saturation

de provoquer un changement conceptuel même lorsqu'un concept vient de faire l'objet d'un enseignement formel.

Après avoir complété le laboratoire par enquête guidée, la proportion des étudiants et étudiantes ayant compris le concept grimpe à 50 %. Ce gain de plus de 10 % indique que le laboratoire par enquête pourrait être utilisé pour améliorer la compréhension du concept de solution saturée, insaturée et sursaturée. Il semblerait donc que les observations expérimentales ont eu un effet correctif chez la population étudiante. Par exemple, certains ou certaines ont pu voir comment les solutions saturée, insaturée et sursaturée réagissent lorsqu'on leur ajoute du soluté et constater qu'il y a un décalage entre les observations expérimentales et leur conception. Les conceptions alternatives sont tenaces, et il est difficile de provoquer un changement conceptuel avec des méthodes d'enseignement traditionnelles (Wandersee et al., 1994). L'utilisation du laboratoire par enquête guidée semble prometteuse, mais ne suffit pas à elle seule à faire saisir le concept à l'ensemble des étudiantes et étudiants. En effet, il reste toujours une bonne proportion de personnes qui ne saisissent toujours pas le concept après la séquence pédagogique. Toutefois, en incluant le laboratoire par enquête guidée aux différentes situations d'apprentissage proposées, on ajoute un contexte différent dans lequel ils ont la chance de constater les limites de leur conception.

Quelques conseils pratiques pour encadrer la réalisation d'un laboratoire par enquête guidée

L'encadrement fourni par l'enseignant ou l'enseignante est particulièrement important pour le succès de l'apprentissage avec ce type de laboratoire (Lazonder et Harmsen, 2016). Il est important de s'adapter au niveau de compréhension des étudiants et étudiantes. Une guidance trop directe limite l'apprentissage par erreur alors qu'une guidance trop ouverte pourrait nuire aux plus faibles et moins autonomes (Potvin et al., 2017).

Le guidage, aussi appelé l'étayage, peut prendre différentes formes. Il se retrouve dans les textes de laboratoire, les devoirs, les discussions en classe, les présentations magistrales et dans les interventions individuelles réalisées par les équipes enseignantes

en classe. Afin de soutenir l'apprentissage dans ce type de laboratoire, le guidage peut viser différents aspects comme la motivation, la cognition, le comportement et la métacognition (Hadwin et al., 2005). L'enseignant ou l'enseignante doit susciter l'intérêt envers la tâche, simplifier la tâche complexe en donnant des contraintes, remettre sur la bonne voie sans donner la bonne réponse, modeler le raisonnement et contrôler les frustrations lorsque ça ne fonctionne pas.

Pour permettre cet accompagnement, il est donc préférable de consacrer du temps de classe à l'élaboration du protocole et non uniquement à l'exécution des manipulations. Il sera alors possible de faciliter la progression des étudiants et étudiantes qui des difficultés en effectuant des interventions personnalisées. Puisque les étudiants et les étudiantes rencontreront un éventail de difficultés différentes, le guidage devra s'adapter à chaque situation. Les interventions devront donc obligatoirement être adaptées à chaque personne pour atteindre le plein potentiel de cet outil didactique (Lajoie, 2005).

Conclusion

L'enseignement formel ne suffit pas toujours pour faire apprendre des concepts scientifiques à nos étudiants et étudiantes. Il est primordial de leur fournir des occasions diverses pour qu'ils obtiennent la rétroaction nécessaire à leur apprentissage, comme le laboratoire par enquête guidée. Les résultats obtenus lors de cette étude tendent à démontrer que ce type de laboratoire peut contribuer à améliorer la compréhension. Il est à noter qu'une attention particulière doit être portée à la guidance de la part de l'enseignant ou de l'enseignante pour maximiser les effets positifs du laboratoire par enquête guidée. ■



VÉRONIQUE
TURCOTTE

RÉFÉRENCES

- Abraham, M. R. (2011). What can be learned from laboratory activities? Revisiting 32 years of research. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1020-1025. <https://doi.org/10.1021/ed100774d>
- Béty, M.-N. (2004). *Les principaux modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire : état de la question*. Université de Montréal.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. et Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Cheung, D. (2011). Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88(11), 1462-1468. <https://doi.org/10.1021/ed1008409>
- Coriveau, G. et Langlois, S. (2011). Pour un meilleur engagement des garçons et des filles au laboratoire de physique. *Pédagogie collégiale*, 24(3), 37-44.
- Farley, E. R., Fringer, V. et Wainman, J. W. (2021). Simple approach to incorporating experimental design into a general chemistry lab. *J. Chem. Educ.*, 98(2), 350-356. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00921>
- Hadwin, A. F., Wozney, L. et Pontin, O. (2005). Scaffolding the appropriation of self-regulatory activity: A socio-cultural analysis of changes in teacher-student discourse about a graduate research portfolio. *Instructional Science*, 33(5-6), 413-450. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-1274-7>
- Herron, J. D. et Eubanks, I. D. (1996). *The chemistry classroom: Formulas for successful teaching*. American Chemical Society.
- Lajoie, S. P. (2005). Extending the scaffolding metaphor. *Instructional Science*, 33(5-6), 541-557. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-1279-2>
- Lazonder, A. W. et Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Posner, G. J. et Strike, K. A. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Dans R. A. Duschl et R. J. Hamilton, *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (p. 147-176). State University of New York Press.
- Potvin, P. (2013). Proposition for improving the classical models of conceptual change based on neuroeducational evidence: Conceptual prevalence. *Neuroeducation*, 2(1), 16-43. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20130201.16>
- Potvin, P., Hasni, A. et Sy, O. (2017). Using inquiry-based interventions to improve secondary students' interest in science and technology. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), 262-270.
- Vosniadou, S. (2019). The development of students' understanding of science. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00032>
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. et Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Dans D. Gabel (dir.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (p. 177-210). Simon & Schuster Macmillan.

SUGGESTIONS DE LECTURE

- Farley, E. R., Fringer, V. et Wainman, J. W. (2021). Simple approach to incorporating experimental design into a general chemistry lab. *J. Chem. Educ.*, 98(2), 350-356. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00921>

Être queer et enseigner la biologie au collégial

RENCONTRE AVEC DOMINIQUE DUBUC, ENSEIGNANTE DE BIOLOGIE AU CÉGEP DE SHERBROOKE

Propos recueillis par **Guillaume Cyr**, chargé de cours à l'UQAM

En tant que queer, il n'est pas toujours facile de créer des liens intergénérationnels. Les espaces où rencontrer des gens de la communauté doivent être créés. C'est grâce à des événements communautaires et militants que j'ai rencontré des personnes inspirantes, comme Dominique Dubuc (Dom, pronom elle ou ielle, accords féminins). Nous partageons non seulement une implication dans le milieu LGBTQIA+¹, mais aussi le fait d'enseigner les sciences. J'ai donc sauté sur l'occasion de ce numéro thématique pour discuter avec Dom de son parcours et des enjeux de l'enseignement inclusif de la biologie au collégial.

Guillaume : Dans ton parcours d'étudiante en biologie, as-tu déjà senti que ce qu'on te présentait n'était pas cohérent avec ta propre expérience?

Dom : C'est sûr qu'on n'a jamais parlé de diversité sexuelle et de genre en classe de près ou de loin dans les années 80. Mais, ça ne m'a pas marquée parce que moi, quand j'ai fait mon parcours d'études, j'étais « théoriquement » hétéro. C'était un milieu homophobe et fermé. Une absence de tout ce qui n'était pas hétérosexuel et cisgenre. Il n'y avait pas de place pour faire mon propre *coming out* à moi-même, même si je sentais un inconfort. À l'université, j'ai pris mon courage à deux mains et je suis allée consulter une personne-ressource aux services psychologiques aux étudiantes et étudiants. J'ai réussi de peine et de misère à nommer mon questionnement sur mon orientation sexuelle. La personne a éclaté de rire et a réduit mon « problème » à une question de technique sexuelle! Elle m'a claqué la porte du placard au visage et je m'y suis réfugiée à nouveau pour plusieurs années.

Guillaume : Peux-tu me parler du moment où tu as fait ton *coming out*?

Dom : J'ai eu le temps de me marier et d'avoir deux enfants magnifiques. J'avais presque 30 ans quand j'ai compris que je ne pouvais plus continuer à me nier. J'ai fini par rencontrer une femme, avec qui je me suis mariée plus tard et de qui je suis maintenant divorcée. Mon premier réflexe a été d'être dans le placard. Parce que c'est comme ça. Tu es lesbienne, tu es dans le placard. Je ne me posais pas de questions. Mais, habitant avec ma conjointe et mes deux jeunes enfants, je me suis rendu compte très rapidement que le placard n'était pas une option. Je ne pouvais pas demander à mes enfants de ne pas le dire à telle personne, ou telle autre. Je ne pouvais pas



Dominique Dubuc, enseignante de biologie au Cégep de Sherbrooke

leur laisser entendre qu'il y avait peut-être quelque chose de honteux. Et ça a été mon réveil face aux doubles standards et aux injustices et je me suis plongée dans le militantisme.

Guillaume : Je trouve ça intéressant que le militantisme ait eu une importance dans ton parcours parce que ç'a été le cas pour moi aussi. Comment as-tu dépensé cette énergie, cette soif de justice à ce moment-là?

Dom : À l'origine, j'ai joint l'Association des mères lesbiennes qui est maintenant la Coalition des familles LGBT+. Après je me suis impliquée au niveau syndical dans le comité LGBT+ de la CSN et de la Fédération nationale des enseignantes et des enseignants du Québec (CSN). C'est par le biais syndical que j'ai eu l'occasion de siéger à la Table nationale de lutte contre l'homophobie et la transphobie des réseaux de l'éducation et de siéger au comité exécutif de l'Association internationale des personnes lesbiennes, gays, bisexuelles, trans et intersexes (ILGA) qui a un statut consultatif au Conseil économique et social des Nations Unies (ECOSOC), et qui fut une implication très enrichissante. Je suis toujours très impliquée à la CSN. La solidarité syndicale a permis de grandes avancées au Québec, et ailleurs dans le monde. Mais tout ce temps-là, mon implication LGBT+ ne teintait pas mon enseignement en général et de la biologie en particulier. C'est relativement récemment que ces deux sphères commencent à se rejoindre.

Guillaume : Tu avais déjà commencé à enseigner. À quel moment ces deux univers se sont rencontrés?

Dom : J'ai commencé à enseigner en 1992. Dès que j'ai commencé à militer, vers 1998, je me suis fait un devoir de faire un *coming out* à mes étudiantes et étudiants, de la même façon qu'une personne hétéro l'aurait fait, par exemple en mentionnant ma conjointe. Il m'est apparu très tôt que c'est une responsabilité de leur tendre cette perche-là pour les aider à progresser dans leur prise en compte de la diversité liée au corps sexué, au genre et à l'orientation sexuelle, mais aussi pour les jeunes directement concernés. Je pense que ça fait du bien de voir une personne bien ordinaire, dans une certaine position d'autorité qui se dévoile en toute simplicité.

Guillaume : À quel moment as-tu commencé à intégrer ces réflexions dans ta manière d'enseigner les contenus de biologie?

Dom : J'ai réalisé peu à peu que l'ouverture que je préconisais dans mon militantisme devait finir par percoler dans mon enseignement, au-delà d'un accueil soutenant et inclusif. Je ne pouvais pas juste embarquer dans le système reproducteur d'une façon classique, c'est-à-dire binaire et dichotomique. Mais comment faire? Le matériel que j'ai à ma disposition (notamment, les manuels) est binaire et dichotomique. Et à la fin, c'est mon travail d'expliquer, par exemple, le fonctionnement d'un ovaire et d'un testicule. Ma première stratégie a été d'insérer ce préambule :

La conception binaire des corps sexués et des genres ne rend pas compte de la réelle diversité humaine dans les dimensions du corps sexué, du genre et de l'orientation sexuelle. Ce chapitre est parfois simpliste pour fin de faciliter la compréhension des phénomènes liés à la reproduction.

Je spécifiais que j'allais prendre des raccourcis parfois, et que leur manuel était lui aussi plein de ces raccourcis. D'ailleurs, c'est un autre élément. On n'a aucun matériel existant pour donner un cours de biologie vraiment inclusif. Tout est à construire.

Par la suite, j'ai introduit une formation de deux ou trois heures dans le cours où j'aborde la terminologie adéquate, les effets de la stigmatisation, le cadre légal et des pistes d'actions concrètes pour leur futur rôle professionnel. À ce moment-là, je ne porte pas le chapeau de prof de biologie, mais ça donne parfois des occasions d'illustrer des concepts ou phénomènes biologiques. Par exemple, l'étymologie des préfixes « trans » et « cis » qui rejoint les acides gras, ou encore le stress minoritaire et les taux de cortisol élevés.

Enfin, c'est la refonte complète du chapitre sur la reproduction. C'est la prochaine étape. Ça fait plusieurs années que je n'enseigne pas le système reproducteur, donc je n'ai pas eu l'occasion d'approfondir cet aspect. Mais lorsque j'aurai à le faire, je m'inspirerai d'une formation que tu as donnée au congrès de l'AESTQ et dans laquelle tu mettais l'accent sur l'homologie des structures (celles qui ont la même origine dans le développement fœtal) et non leur complémentarité. C'est une piste très prometteuse!

Guillaume : À propos des choses qui restent à construire, comment peut-on sortir de la reproduction dans un cours de biologie, voire aborder l'orientation sexuelle?

Dom : On aborde souvent le système reproducteur sous le seul angle de la reproduction. Par exemple, l'un des moments où j'essaie de ne pas échapper la balle, c'est quand je parle de lubrification. Je trouve important de dire qu'un vagin qui se lubrifie n'est pas nécessairement un gage d'excitation sexuelle, et encore moins un signal objectif de consentement. Même chose pour l'érection des mamelons. Ce sont des choses importantes à dire aux jeunes. C'est une question de culture scientifique qui donne assise à une culture du consentement. Pour l'orientation sexuelle, on peut simplement modifier certains exemples. J'aime bien faire déduire le génotype d'un donneur de sperme dans un arbre généalogique avec un couple de femmes.

Guillaume : Le féminisme et les réflexions sur le consentement te sont-ils utiles pour rendre ton enseignement inclusif?

Dom : Le féminisme et les enjeux LGBTQIA+ sont indissociables à mon avis. Il faut déconstruire cette vision essentialiste et binaire de ce qu'est un homme et de ce qu'est une femme. Quand on enseigne en divisant les corps en deux catégories – homme et femme – selon les taux d'hormones ou autres paramètres, on cristallise ces catégories en donnant un vernis scientifique à cette vision essentialiste et réductrice. Bien sûr qu'on peut tirer des statistiques si on fait deux catégories fondées sur la présence d'une vulve ou d'un pénis. Mais ces statistiques ne permettent pas de déduire ensuite l'ensemble des caractéristiques d'un individu donné en fonction de ses organes génitaux. Ces catégories sont des outils pour illustrer la réalité, et comme toute modélisation, la réalité est toujours plus complexe et nuancée.

Guillaume : Quel conseil donnerais-tu à ces enseignantes et enseignants qui hésiteraient à embrasser un enseignement plus inclusif?

Dom : Il s'agit d'abord d'admettre qu'on ne sait pas tout. Donc, aborder ces questions avec humilité. En fait, la réponse est à deux niveaux. Le premier niveau est la mise en place dans notre classe d'un climat inclusif, soutenant et accueillant pour tous et chacune. Par exemple, développer des stratégies pour connaître les bons prénoms et pronoms de mes étudiantes et étudiants et accueillir l'expertise des étudiantes et étudiants qui veulent bien partager cette expertise-là. Et le deuxième niveau concerne le contenu qu'on enseigne. En 2022, un enseignement aveugle à la diversité liée au corps sexué, au genre et à l'orientation sexuelle est un enseignement lacunaire et le programme qui n'en prescrit pas l'inclusion est lacunaire.

Guillaume : Est-ce qu'il y a des pièges qu'il faudrait éviter?

Dom : Celui d'entrer dans les « preuves » scientifiques de l'orientation sexuelle ou de l'identité de genre. Par exemple, la recherche (LeVay, 1991) qui avait prétendu qu'un noyau de l'hypothalamus était plus grand chez les hommes hétérosexuels que chez les hommes homosexuels et les femmes, ce qui correspondait au stéréotype des hommes homosexuels comme étant plus « féminins ».

Guillaume : Oh oui! Il y avait plein de failles dans cette recherche, comme le fait qu'on ne prenait pas en compte ni les hommes bisexuels ou pansexuels, ni l'orientation sexuelle des femmes. Et en plus, l'échantillon d'hommes homosexuels était des corps d'hommes atteints du VIH/SIDA (Benoit-Broweys et Vidal, 2001).

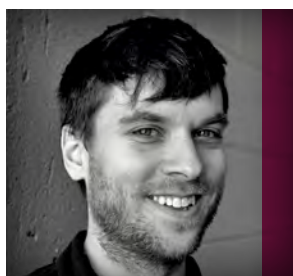
Dom : Il faut aussi éviter d'instrumentaliser les minorités. Par exemple, il est facile d'instrumentaliser les personnes intersexesⁱⁱ quand on enseigne la biologie. On peut alors tomber dans le

piège de faire un lien entre la diversité des corps sexués et la diversité des identités de genre, comme s'il y avait un lien de causalité entre les organes génitaux d'une personne et son identité de genre. Et surtout, il faut éviter la pathologisation et la gradation de validité de ce qui constitue en fait la diversité des corps sexués.

Guillaume : Et pour éviter ça, on peut avoir recours à des témoignages et indiquer quels sont les enjeux et revendications actuelles de ces différents groupes. Par exemple, les personnes intersexes militent pour l'arrêt des interventions médicales non consenties.

En guise de conclusion, aurais-tu des derniers conseils à donner aux enseignantes et enseignants de biologie qui souhaitent aborder ces questions en classe?

Dom : Faire preuve d'humilité, ce contenu n'est pas construit. Nous ferons des erreurs. Mais la plus grande erreur, c'est le *statu quo*. Et ce n'est pas sur nos seules épaules de profs que ces enjeux reposent. On peut aussi faire venir des personnes expertes dans nos classes pour aborder ce volet, par exemple la Coalition des familles LGBTQ+. Mais à la fin, ce sont des enjeux qui devraient être abordés en département, en comité de programme, en commission des études (ou pédagogiques). Il faut des réponses collectives, cohérentes et institutionnelles. La Fédération des cégeps offre de solides formations pour le personnel. Nous avons, au Cégep de Sherbrooke, un Comité institutionnel de la diversité sexuelle et de genre auquel siègent des représentantes et représentants du personnel enseignant, professionnel, de soutien, de l'association étudiante et de la direction. C'est un pas intéressant. Ultimement, la pierre angulaire, c'est la formation et la construction de matériel pédagogique inclusif. Et comme pour tout, ça prend des ressources pour y parvenir. ■



GUILLAUME
CYR

RÉFÉRENCES

Benoit-Broweys, D. et Vidal, C. (2001). *Cerveau, sexe et pouvoir*. Belin.

LeVay, S. (1991). A difference in hypothalamic structure between heterosexual and homosexual men. *Science*, 253(5023), 1034-1037.

ⁱ Le sigle LGBTQIA+ regroupe les personnes lesbiennes, gaies, bisexuelles, trans, queers, intersexes et asexuelles. Dans le texte, on parle aussi, de manière équivalente, de minorités sexuelles, de genre et de corps sexués ou nous utilisons parfois des sigles plus courts selon les groupes qui les utilisent, comme LGBTQ+.

ⁱⁱ Les personnes intersexes sont des personnes dont le corps de naissance combine des caractéristiques sexuelles dérogeant aux normes médicales délimitant les « mâles » et les « femelles ».

La classe semi-inversée grâce au devoir numérique

UNE APPROCHE ADAPTÉE AUX COURS À DISTANCE OU EN PRÉSENCE

Emmanuelle Goulet, enseignante en physique, Cégep du Vieux Montréal

Ces dernières années, les mesures sanitaires nous ont forcés à passer régulièrement du mode à distance au mode en présentiel. Alors que la classe inversée représentait autrefois une approche innovante, elle pourrait désormais constituer la clé vers une stabilité pédagogique face à des contraintes changeantes dans le mode d'enseignement. Que l'on souhaite basculer en tout ou en partie vers la classe inversée, des choix s'imposent afin de favoriser l'adhésion des étudiants et étudiantes aux exigences de ce type d'enseignement.

Qu'est-ce que la classe inversée?

La classe inversée

La classe inversée consiste principalement à confier l'apprentissage théorique en devoir et à favoriser la mise en application en classe. Grâce aux outils numériques qui sont de plus en plus accessibles et utilisés, il est envisageable de proposer des capsules vidéos explicatives plus dynamiques et motivantes que la lecture pour parcourir les concepts à étudier à la maison.

Les travaux supervisés lors des rencontres en classe ou à distance se composent d'activités qui sollicitent l'emploi des notions vues en devoir. On les retrouve sous forme de résolutions de problèmes, souvent en équipes, ou d'activités de type « classe active » de toutes sortes. L'utilisation de la classe active conduirait vers de meilleurs taux de réussite que le traditionnel enseignement magistral dans le domaine des sciences et des mathématiques (Freeman et al. 2014). Le lecteur ou la lectrice pourra s'inspirer de divers sites pour trouver des activités de ce type adaptées à ses cours, par exemple celui du SALTISE (saltise.ca) ou celui du CCDMD (pbl.ccdmd.qc.ca).

Ma classe semi-inversée

Plusieurs raisons m'ont poussée à choisir ce que j'appelle la classe semi-inversée, c'est-à-dire une approche dans laquelle environ la moitié de la théorie est enseignée en différé et l'autre moitié est enseignée en direct. Tout d'abord, dans la majorité des cours techniques dans lesquels je l'ai appliquée (physique appliquée à l'architecture et résistance des matériaux), la pondération associée aux heures de travail personnel était inférieure au nombre d'heures de théorie. Il était par conséquent

impossible de transférer toute la théorie en devoir. Ensuite, certaines notions plus complexes requièrent, selon mon observation, une rétroaction immédiate et doivent donc de préférence être enseignées en direct et non en différé. Enfin, morceler les cours théoriques dans la semaine plutôt que de les suivre en un bloc continu est sans doute plus digeste et bénéfique pour les étudiants et étudiantes. Cela est d'autant plus concevable dans le cas de cours synchrones virtuels où la fatigue oculaire peut s'installer à cause des yeux rivés sur un écran trop longtemps.

Le temps libéré par la théorie acquise en devoir me permet d'accompagner les étudiants et étudiantes lors de leur mise en pratique et de vérifier les apprentissages en temps réel. Je les guide pour qu'ils puissent intégrer les notions étudiées et j'interviens selon leurs besoins individuels lorsque des difficultés sont éprouvées. Les tâches en direct sont souvent de type collaboratif et peuvent avoir lieu aussi bien en mode présentiel qu'en mode virtuel (lorsque requis par les consignes de santé publique) pendant les heures réservées au cours. Il peut aussi être question de travaux visant la résolution de problèmes individuels à remettre séance tenante.

Mon expérience m'a montré qu'un plus grand nombre d'étudiants et étudiantes effectuait les travaux de résolution de problèmes lorsqu'ils étaient supervisés en classe que lorsqu'ils étaient à effectuer en dehors des heures-contact. L'interaction pendant ces séances en direct semble un facteur de motivation pour les étudiants et étudiantes tout comme pour la personne qui enseigne.

Pour qu'un tel type d'enseignement soit possible, un enjeu crucial demeure : obtenir l'adhésion des étudiants et étudiantes aux devoirs. Mon témoignage vise principalement à partager avec vous les astuces que j'ai développées au fil du temps

afin de faciliter l'accès aux capsules vidéos par les étudiants et étudiantes et de les rendre actifs et actives par l'intermédiaire de ce que j'appelle le **devoir numérique** ou devoir en ligne.

Quelles sont les astuces pour obtenir l'adhésion des étudiants et étudiantes?

Parmi les moyens pour susciter une participation aux devoirs en ligne, l'uniformité tient lieu de fil conducteur. La théorie transmise en devoir est enseignée de la même manière que la théorie présentée en classe. Les notes de cours manuscrites prises en devoir se trouvent au même endroit que les notes recueillies en classe. Les devoirs sont récurrents et toujours sous le même format. Les prochains paragraphes détaillent les particularités des devoirs en ligne qui visent les objectifs suivants :

- 1) Faciliter l'accès à l'ensemble du devoir
- 2) Impliquer les étudiants et étudiantes (regarder des vidéos ne suffit pas)
- 3) Établir une routine

L'emploi de questionnaires

Afin de centraliser tout le matériel nécessaire à l'exécution du devoir numérique, j'ai choisi de produire des **questionnaires en ligne**. Certaines étapes de ces formulaires visent aussi à éveiller de l'intérêt et de la curiosité pour le cours suivant.

Ils regroupent :

- des questions d'évaluation diagnostique;
- des capsules vidéos intégrées;
- des questions de compréhension ou de révision;
- un espace donnant l'occasion à tous et chacune de m'interroger ou de me laisser un commentaire.

La création de tels questionnaires demeure relativement simple dans Microsoft Forms ou encore Google Formulaires. Si votre établissement emploie déjà l'une ou l'autre plateforme, l'identification du participant ou de la participante s'effectue automatiquement. De plus, vous pouvez visualiser les réponses de manière individuelle ou sous forme de tableaux résumés. Voici un exemple de questionnaire utilisé dans un cours d'acoustique :

Figure 1 : Exemple de questionnaire comprenant un devoir numérique

L'emploi des questionnaires pour les devoirs numériques comporte de multiples avantages :

- Ils guident l'étudiant et l'étudiante dans les étapes à franchir du début à la fin du devoir. Fini l'éparpillement entre blogue, site web, YouTube, etc.
- Ils permettent de susciter une réflexion juste avant de visualiser une capsule vidéo théorique et de poser des questions de compréhension juste après le visionnement.
- Ils se transmettent grâce à un lien Internet qui, lui-même, peut être inséré dans un courriel, sur un mur virtuel et même dans un plan de cours dès le début de la session.
- L'enseignant ou l'enseignante peut modifier leur contenu et les activer au moment opportun pour s'assurer d'une certaine chronologie.
- Ils peuvent être réutilisés d'une session à l'autre ou dupliqués pour différents groupes.
- L'enseignant ou l'enseignante peut rappeler à l'ordre les étudiants et étudiantes qui les négligent ou les omettent, car ils offrent un suivi en répertoriant les noms et la durée de leur travail.
- Ils permettent à l'enseignant ou l'enseignante d'ajuster ses interventions au cours suivant en fonction des réponses reçues.
- Ils sont visuellement attrayants et faciles à parcourir.

L'emploi de notes de cours à compléter

Afin que les apprentissages par capsules vidéos soient considérés aussi sérieusement que les apprentissages en direct, j'encourage une prise de notes de cours uniforme dans les deux cas. C'est la raison pour laquelle seul un fascicule qui contient des notes de cours partielles (figure 2) est fourni. Dans ce cahier, une portion de la théorie est déjà énoncée, mais une partie doit être complétée de façon manuscrite. Des espaces sont aussi prévus pour y insérer les exemples détaillés en classe ou en vidéo. Les capsules vidéos que j'emploie contiennent le même visuel que le cahier d'apprentissage. Il est donc aisé de s'y repérer sans perdre de temps.

33

Directivité et cohérence

La **directivité** et la **cohérence** d'une source incandescente sont très mauvaises. En revanche, il existe une source lumineuse qui offre de très bons résultats en ce domaine, il s'agit du **LASER**.

Photo F. G. 2017

Harpe laser de Jean-Michel Jarre.

La plupart des sources lumineuses utilisées en éclairage sont non directives et incohérentes. Afin de contrôler leur direction de propagation, pour concentrer la lumière dans une direction donnée, on peut utiliser des **systèmes optiques** qui utilisent des miroirs et des lentilles.

Directivité :

Cohérence :

Exemple 24
Sources lumineuses

a) Que représentent les lettres de l'acronyme **LASER** ?

b) Nommez une **application** du laser en architecture :

Figure 2 : Exemple de notes de cours à compléter

La régularité

Dans le même esprit, je trouve plus efficace de donner un questionnaire à remplir en devoir après chaque cours, même si certains ne comportent pas de vidéos. Par exemple, comme devoir qui précède un examen, on préférera soumettre une série de questions de révision plutôt que du nouveau contenu.

J'ai constaté que, lorsque la routine est bien installée, les étudiants et étudiantes savent qu'ils ont systématiquement un devoir numérique à effectuer avant le cours suivant et ont peu tendance à l'oublier. Chaque devoir demande un temps d'exécution d'une trentaine de minutes à une heure au maximum et sa durée estimée, comme la durée de chaque capsule à visionner, est annoncée dans le questionnaire.

Je n'attribue pas de points au devoir numérique, mais j'affiche chaque semaine, dans le sommaire des notes associées au cours, un point fictif aux personnes qui l'ont rempli. Ainsi, si l'oubli est dû à une pure distraction, il est toujours temps d'y remédier même si la date prescrite est dépassée.

Comment débiter

Bon nombre d'entre vous ont peut-être enregistré des cours complets lors des sessions d'enseignement à distance. Vous disposez d'une mine d'or! Je vous conseille, si ce n'est déjà fait, de découper certaines de vos explications en capsules d'une durée maximale de 6 à 7 minutes (Guo et al., 2014), puis de les incorporer dans des devoirs numériques. Pour vous lancer dans la création de vidéos plus élaborées, les recommandations de Caroline Cormier et Bruno Voisard (2020) seront utiles.

Si vous disposez de la suite bureautique Microsoft Office 365, il peut être judicieux de déposer vos vidéos directement dans Stream. À cet endroit, vous aurez aussi le loisir de pouvoir remplacer vos vidéos tout en conservant l'adresse Internet originale. Cela vous évitera de devoir changer les liens situés dans vos questionnaires si vous décidez de mettre à jour le contenu d'une vidéo. En revanche, il vous faudra ajuster les autorisations d'accès à chacun de vos groupes d'une session à l'autre si vous ne souhaitez pas les diffuser à l'ensemble de la communauté de votre collège. YouTube constitue une autre option utile comme lieu de stockage des vidéos.

Chaque plateforme comporte ses avantages et ses inconvénients. On peut judicieusement recourir aux listes de lecture de YouTube pour y placer une série de vidéos déjà consultées dans les questionnaires. Ces listes de lecture évitent à l'apprenant ou l'apprenante de devoir chercher dans quel questionnaire se trouvait une vidéo en particulier qu'il voudrait réviser (lors d'une révision pour un examen par exemple). Je ne divulgue toutefois pas les listes de lecture avant que toutes les vidéos de la liste aient été vues une première fois. L'inverse pourrait inciter les étudiants et étudiantes à ignorer les questionnaires et ainsi sauter les questions qui précèdent et qui suivent les vidéos. Ces questions, et la réflexion qu'elles suscitent, participent au processus d'apprentissage.

Finalement, si votre collège contribue au Fonds collectif de perfectionnement de l'Association pour les applications pédagogiques de l'ordinateur au postsecondaire (APOP), vous pourriez accéder à ses courtes formations, régulièrement offertes, sur la création de questionnaires numériques.

Conclusion

La classe semi-inversée me permet d'offrir un enseignement plus personnalisé en libérant du temps de classe pendant lequel il est possible d'accompagner chaque individu. Cette approche est profitable pour affronter plus facilement les difficultés rencontrées lors de la résolution de problèmes de physique. Elle ne constitue toutefois pas un gage de réussite pour tout le monde. Une part de travail étudiant est tout de même requise en dehors de la classe. L'utilisation judicieuse des questionnaires en ligne est un moyen de favoriser l'adhésion des étudiants et étudiantes aux efforts demandés.

Certes, bâtir un cours selon une nouvelle approche demande du temps. Avec l'expérience des cours à distance, la création de matériel pour la classe inversée pourrait être facilitée. À long terme, en adoptant cette approche, on y gagne en satisfaction et en stabilité, peu importe les modalités d'enseignement dictées par les ouvertures ou fermetures d'écoles.

Remerciements

Merci à Kamel Mansouri, enseignant, Laurent Chouinard, technicien de laboratoire, et Daniel Bourry, conseiller pédagogique aux TIC pour leur soutien dans la rédaction de cet article. ■



RÉFÉRENCES

- Cormier, C. et Voisard, B. (2020). Un aspect de la classe inversée : conseils pratiques pour réaliser des vidéos éducatives. *Spectre*, 49(3), 12-15. https://cdn.ca.yapla.com/company/CPYT2P3mKNGuh6U60KhaghOE/asset/files/Spectre%20PDF/Spectre_Vol49_No3.pdf
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. et Wenderoth, M. P. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proceedings of the National Academy of Sciences. U. S. A. 111(23), 8410-8415. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1319030111>
- Guo, P. J., Kim, J. et Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. *Proceedings of the first ACM conference on Learning*, 41-50. <http://up.csail.mit.edu/other-pubs/las2014-pguo-engagement.pdf>

L'apprentissage actif dans l'enseignement des sciences au collégial

TROIS MÉTHODES GAGNANTES

Louis Normand, conseiller pédagogique, Collège de Rosemont

Au cours des deux dernières décennies, plusieurs spécialistes ont publié des recherches mettant en évidence l'efficacité de l'apprentissage actif dans les domaines de sciences (Freeman et al., 2014; Michael, 2006; Prince, 2006) et plus particulièrement de la physique (Hake, 1998). Les résultats de ces recherches ont été confirmés dans le contexte du réseau collégial québécois (Charles et al., 2013; Lasry 2008). Toutefois, bon nombre de personnes enseignantes qui s'aventurent dans le monde de l'apprentissage actif obtiennent des résultats mitigés en raison d'une mauvaise compréhension des différentes méthodes en regard des contextes dans lesquels ces dernières sont utilisées.

En effet, les recherches n'ont pas encore déterminé clairement les caractéristiques essentielles d'efficacité des différentes méthodes d'apprentissage actif. Normand (2017) propose de prendre en compte le niveau d'expérience des étudiants et étudiantes avec l'apprentissage actif lorsque vient le temps de choisir une méthode. En effet, plus le niveau d'expérience avec l'apprentissage actif est élevé, plus il est possible de laisser les étudiants et étudiantes exercer un contrôle sur leur apprentissage. Prince (2010) propose un continuum basé sur la manière dont le contrôle est exercé lorsqu'une méthode d'apprentissage actif est utilisée en classe (figure 1).

Lorsque le groupe est peu familier avec l'apprentissage actif, la personne enseignante préférera exercer un plus grand

contrôle en mettant en place des méthodes impliquant des tâches simples, de courtes durées, accompagnées de consignes très directives, notamment sur le plan des interactions entre les personnes étudiantes. Lorsque le groupe devient plus expérimenté, la personne enseignante pourra choisir des méthodes qui favorisent une plus grande autonomie: des tâches plus longues avec des interactions moins contrôlées.

Trois méthodes d'apprentissage actif, qui ont montré leur efficacité, sont couramment utilisées dans l'enseignement des sciences, notamment dans le réseau collégial. D'abord, l'enseignement entre pairs et la démonstration interactive, des méthodes dont le contrôle est davantage exercé par l'enseignant ou l'enseignante, seront décrits, puis un portrait sera brossé

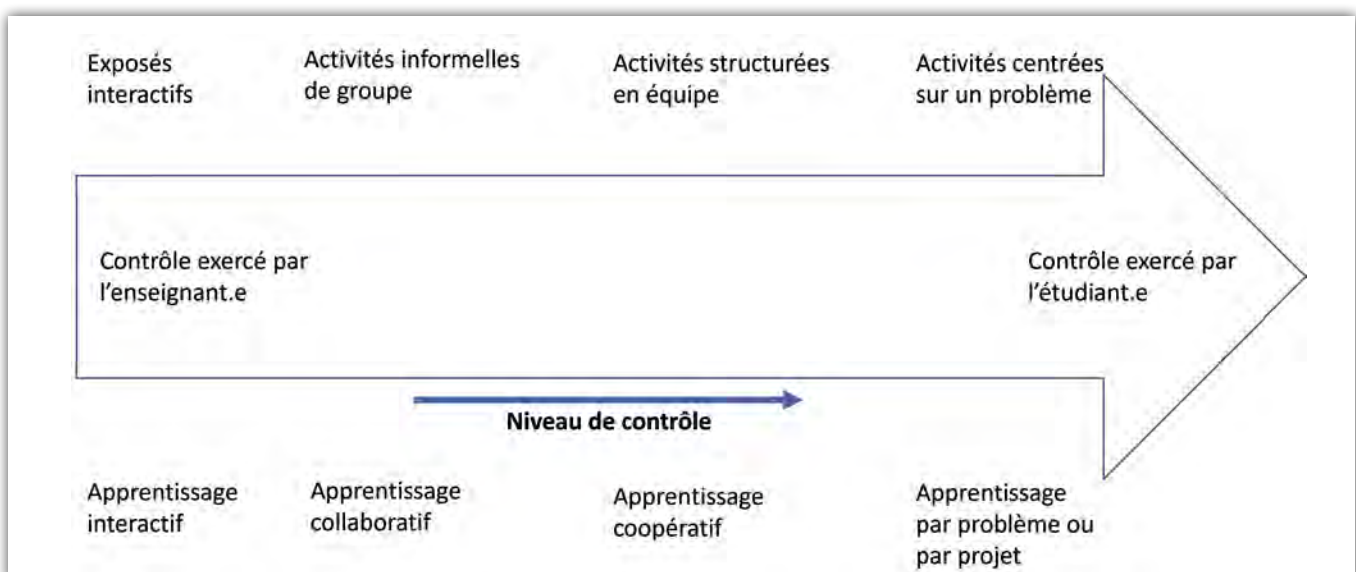


Figure 1 : Continuum du niveau de contrôle dans l'apprentissage actif (traduit et adapté de Prince, 2010)

sur l'utilisation du tableau blanc comme exemple de méthode dont le contrôle est davantage entre les mains des personnes étudiantes. Un accent plus grand sera mis sur la dernière méthode puisqu'elle soulève des défis de mise en œuvre dans une classe.

Deux méthodes populaires dans l'enseignement des sciences au collégial

L'enseignement entre pairs

Mieux connu sous le nom de *peer instruction*, l'enseignement par les pairs a été utilisé avec beaucoup de succès, particulièrement dans l'enseignement de la physique dans le contexte universitaire états-unien, mais aussi dans le contexte collégial au Québec (Bouffard, 2014; Lasry, 2008). Cette méthode met l'accent sur la compréhension des concepts. Pour vérifier la compréhension, la personne enseignante entrecoupe ses exposés de périodes de questions conceptuelles, généralement à choix multiples. Les personnes étudiantes sont d'abord invitées à répondre individuellement à une première question à l'aide d'un système de télévotants ou d'une plateforme de vote en ligne, ou à main levée. Si le taux de bonnes réponses est supérieur à 80 %, la question suivante est lancée ou l'exposé se poursuit. Si le taux de succès est inférieur à 80 %, les personnes sont invitées à discuter de leur réponse avec un pair puis à voter à nouveau. Si le taux de succès reste toujours inférieur au seuil, le concept peut être à nouveau enseigné.

La démonstration interactive

La démonstration interactive, en anglais *interactive lecture demonstration* (ILD), présente un mode de fonctionnement semblable à l'enseignement entre pairs. Toutefois, le contexte est légèrement différent puisque la question porte sur le résultat d'une démonstration (Sokoloff et Thornton, 1997). Les étapes sont les suivantes :

- 1) La personne enseignante décrit le montage de la démonstration;
- 2) Individuellement, les personnes étudiantes écrivent leur prédiction du résultat de la démonstration;
- 3) En sous-groupes, elles comparent leur prédiction. Par la suite, chaque personne peut modifier ou maintenir sa prédiction;
- 4) Les personnes étudiantes présentent les différentes prédictions au groupe;
- 5) La personne enseignante exécute la démonstration;
- 6) Elle demande ensuite au groupe de décrire ses observations. Les étudiantes et les étudiants écrivent le résultat de l'expérience sur une feuille ou dans leur cahier.

Ces deux méthodes sont de courte durée et les interactions lors de la discussion entre les étudiantes et étudiants sont contrôlées. L'utilisation de cette méthode en classe ne nécessite pas que le groupe ait beaucoup d'expérience avec les méthodes d'apprentissage actif.

Qu'en est-il lorsque le processus cognitif visé est de plus haut niveau comme celui de la résolution de problème? Une méthode qui est de plus en plus employée dans les classes de sciences au collégial est celle du tableau blanc, connu aussi chez nos voisins états-unien par le terme *whiteboarding*.

L'utilisation du tableau blanc : davantage de contrôle aux personnes étudiantes

L'utilisation du tableau blanc permet de donner un peu plus de contrôle aux personnes étudiantes. Celles-ci travaillent en équipe sur une tâche, généralement plus longue et plus complexe (un problème à résoudre, un exercice à réaliser, etc.). Lors du travail en équipe, elles inscrivent le résultat de leur travail intellectuel sur un tableau blanc. Par la suite, une période de rétroaction, par la personne enseignante ou par les autres collègues, est prévue. Selon McKagan et McPadden (2017), l'intérêt d'utiliser le tableau blanc est qu'il est possible, en tout temps, de voir la progression du travail des équipes et d'assurer un soutien adapté à chacune. La personne enseignante pourra poser des questions aux membres des équipes en difficulté ou donner des indices pour les guider dans la tâche.

Plusieurs recherches sur l'enseignement des sciences ont montré l'efficacité de cette méthode (Seixas et Salgueiro da Silva, 2019; Bush et Kelly, 2004). Dans une recherche subventionnée par le Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage (PAREA) sur les conditions d'efficacité des classes d'apprentissage actif, il a été conclu que l'utilisation de surfaces verticales de travail est un élément important pour favoriser l'engagement scolaire lors d'une activité (Fournier St-Laurent et al., 2018).

Toutefois, l'utilisation du tableau blanc pose un défi puisque la complexité du processus cognitif sollicité est plus élevée. Le choix de lancer les personnes étudiantes de façon autonome dans une tâche complexe peut générer des frustrations et diminuer considérablement leur motivation si ces dernières n'ont pas les connaissances antérieures, ni les stratégies, ni les habiletés pour l'exécuter (Almarode et al., 2018). Il est donc recommandé de faire appel à cette méthode dans la phase de la pratique guidée, à la suite d'un modelage des habiletés nécessaires pour réaliser la tâche, dans le cadre d'un enseignement explicite (Gauthier et al., 2013). L'utilisation d'une liste de vérification ou de questions-guides peut aider les étudiantes et étudiants dans la réalisation de la tâche. Par ailleurs, un processus cognitif plus complexe implique l'organisation d'activités qui seront de plus longue durée. En conséquence, les interactions entre les pairs, pour qu'elles soient le plus efficaces possible, doivent être gérées de façon stratégique.

Quelques conseils pour la formation des équipes

Selon les besoins, la personne enseignante laissera les étudiantes et étudiants former les équipes, les formera elle-même ou le fera au hasard. Les différentes modalités de formation d'équipes comportent des avantages et des inconvénients. Pour approfondir cette matière, il est possible de consulter le livre de Mathey et Mérillou (2009).

À moins d'utiliser une structure coopérative dont les interactions sont scénarisées, par exemple, le casse-tête d'experts, l'aquarium, le graffiti circulaire, la schématisation collective, etc. (Howden et Kopiec, 2000), il est conseillé de donner un rôle à chaque membre de l'équipe pour s'assurer que toutes les personnes s'engagent dans la tâche (responsabilisation individuelle) et qu'elles contribuent au travail de l'équipe (interdépendance positive). On peut donner comme exemple le scribe (celui ou celle qui écrit au tableau), le calculateur (celui ou celle qui utilise la calculatrice), la porte-parole (celui ou celle qui peut poser des questions à l'enseignante ou à l'enseignant), etc.

La présentation des résultats

Une fois la tâche complétée, les équipes sont invitées à présenter leur travail. La présentation de la production issue de la tâche devrait faire ressortir tant le résultat (la production elle-même) que le processus qui a été suivi pour réaliser la tâche (étapes, difficultés rencontrées, etc.). Le porte-parole de chaque équipe s'acquitte généralement de cette partie. Toutefois, dans certaines démarches, chaque personne peut rendre compte de son travail à l'enseignant ou à un collègue. La présentation sert un double intérêt : créer des conditions de reddition de compte et offrir à tous et chacune des occasions de recevoir de la rétroaction. McKaggan et McPadden (2017) proposent plusieurs formats dont voici les trois plus fréquents :

- **La présentation devant toute la classe :** chaque équipe présente son travail devant ses collègues. S'il s'agit d'une belle occasion pour donner de la rétroaction, elle comporte certains défis. Par exemple, certaines personnes pourraient se sentir moins à l'aise de présenter en grand groupe ou de donner de la rétroaction à leurs collègues. Aussi est-il alors recommandé dans ce cas de faire du modelage pour la rétroaction ou de la guider à l'aide d'une grille de vérification. Enfin, si toute la classe a travaillé à la même tâche, il est redondant de laisser chaque équipe présenter son travail. Des équipes désignées par la personne enseignante ou au hasard pourront présenter.

- **Les rencontres interéquipes :** dans ce format, que McKaggan et McPadden (2017) appellent *Board meeting*, des équipes se réunissent et présentent leur travail à tour de rôle. La personne enseignante s'assure de guider la discussion en proposant au groupe de poser des questions de clarification et de précision. Encore une fois, il est recommandé de faire le modelage de cette habileté de questionnement et de rétroaction, et de fournir une liste de vérification.
- **L'exposition de tableaux blancs :** dans ce format, les équipes circulent d'un tableau à l'autre pour examiner le résultat du travail des autres. Pour donner de la rétroaction, les personnes étudiantes remplissent une grille d'évaluation ou un document avec des questions pour guider le travail. Ces documents sont ensuite remis à l'équipe qui a produit l'affiche pour qu'elle en prenne connaissance. La personne enseignante peut choisir de les récupérer à la fin de la rencontre.

Conclusion

L'enseignement des sciences dans un contexte d'apprentissage actif peut comprendre l'utilisation de méthodes dont le contrôle est exercé davantage par la personne enseignante ou par les personnes étudiantes selon le niveau d'expérience de ces dernières. Dans ce dernier cas, l'utilisation du tableau blanc est une option prometteuse dans la mesure où la gestion des interactions prend en compte l'interdépendance positive et la responsabilisation individuelle. Un autre élément à ne pas négliger concerne la reddition de compte, c'est-à-dire, la manière dont seront présentés les résultats de la tâche.



LOUIS
NORMAND

SUGGESTIONS DE LECTURE

- Almarode, J.T., Fisher, D., Frey, N. et Hattie, J. (2018). *Visible learning for science, Grades K-12: What works best to optimize student learning*. Corwin, 216 p.
- Gauthier, C., Bissonnette, S. et Richard, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves*. ERPI, 344 p.
- Howden, J. et Kopiec, M. (2000). *Ajouter aux compétences. Enseigner, coopérer et apprendre au postsecondaire*. Chenelière Éducation, 159 p.
- Mathey, E. et Mérillou, F. (2009). *Travailler et faire travailler en équipe*. Eyrolles, 180 p.

RÉFÉRENCES

- Bouffard, G. (2014). L'apprentissage par les pairs—L'apport d'Éric Mazur à la pédagogie. *Pédagogie collégiale*, 27(2), 29-33.
- Bush D. et Kelly M. G. (2004). The impact of white boarding on learning by secondary school biology students. <https://eric.ed.gov/?id=ED489953>
- Charles, E., Lasry, N. et Whittaker, C. (2013). L'adoption d'environnements sociotechnologiques comme moteur de changement pédagogique. *Pédagogie collégiale*, 26(3), 4-11.
- Fournier St-Laurent, S., Normand, L., Bernard, S. et Desrosiers, C. (2018). Les conditions d'efficacité des classes d'apprentissage actif. Rapport de recherche PAREA. Collège Ahuntsic.
- Freeman, S. et al. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 11(23), 8410-8416.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Lasry, N. (2008). Une mise en œuvre de la méthode d'apprentissage par les pairs de Harvard. *Pédagogie collégiale*, 21(4), 21-27.
- McKagan, S. et McPadden, D. (2017, 22 septembre). Best practices for whiteboarding in the physics classroom. *PhysPort*. <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=101319#:~:text=Whiteboarding%20is%20also%20a%20valuable,other%20parts%20of%20these%20methods>
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30(4), 159-167.
- Normand, L. (2017). L'apprentissage actif, une question de risques...calculés. *Pédagogie collégiale*, 31(1), 5-12.
- Prince, M. (2006). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 1-9.
- Prince, M. (2010). *An introduction to active learning for busy skeptics*. https://ceat.okstate.edu/che/site_files/docs/michael-j-prince.pdf
- Seixas, T. M. et Salgueiro da Silva, M. (2019). Cooperative learning with whiteboarding in an introductory physics course. *West East Journal of Social Sciences*, 8(1), 15-24. <https://doi.org/10.36739/wejss.2019.v8.i1.8>
- Sokoloff, D. R. et Thornton R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The physics Teacher*, 35(6), 340-347.

Les méchants problèmes qui font réussir

L'ACQUISITION DES COMPÉTENCES PAR LA RÉOLUTION D'UN PROBLÈME D'ENVERGURE EN SITUATION AUTHENTIQUE

David Beaulieu, professeur et Julie Roberge, Cégep André-Laurendeau

En 2019, des étudiants et étudiantes du programme de *Technologie du génie physique* du cégep André-Laurendeau m'ont accompagné dans une mission scientifique d'observation des changements climatiques sur un glacier. Pour s'y préparer, ils ont dû fabriquer un instrument de mesure qui leur a demandé de mobiliser l'ensemble des compétences apprises dans leur programme d'études. Créer cet instrument de mesure a poussé ces étudiants à dépasser l'atteinte des compétences dans plusieurs des cours de leur programme. Certains ont même avoué avoir réussi à terminer leur programme d'études grâce à ce projet. D'autres se sont découvert une vocation ou ont décidé de poursuivre des études universitaires dans un domaine connexe. J'ai fait le même constat l'année suivante, lorsque des étudiants et étudiantes du même programme ont assisté notre équipe de recherche dans le développement d'une technologie basée sur l'intelligence artificielle permettant de mesurer la distanciation physique entre les individus dans le contexte de la pandémie de COVID-19. Qu'ont en commun ces deux projets qui semblent pourtant si différents? Et surtout, pourquoi ont-ils été si efficaces à mener les participants vers leur réussite éducative? Ces réflexions nous ont poussés, ma collègue Julie Roberge et moi, à approfondir la question pour comprendre ce qui avait tant stimulé leur motivation. Notre intuition nous porte à croire que le type d'enjeux abordés dans ces deux projets périscolaires et leur approche en situations authentiques ont eu un impact majeur sur l'intérêt des étudiants et étudiantes et qu'il faut réfléchir à leur implantation dans les cours à portée scientifique et technique.

Donner du sens aux apprentissages

Dans ces deux projets, comme professeur au Département de technologie du génie physique au Cégep André-Laurendeau, j'ai tout d'abord voulu montrer à mes étudiants et étudiantes le sens et l'utilité que pouvaient avoir les compétences de leur programme d'études. J'ai donc ciblé des enjeux qui les touchent et les préoccupent, comme les changements climatiques et la pandémie de COVID-19. Ensuite, j'ai cherché des solutions basées sur les compétences de leur programme d'études. J'avais fait le pari que mes étudiants réaliseraient ainsi l'importance de ce qu'on leur apprend dans leur programme et qu'ils auraient envie d'apprendre, parce que cela leur permettrait de jouer un rôle actif, même minime, dans la résolution de ces enjeux. Si mes intuitions se sont avérées justes, j'ai été surpris par l'ampleur de l'impact positif sur mes étudiants et sur leur réussite.

Ce que les deux projets avaient en commun était justement leur portée sociétale d'envergure et presque insoluble, ainsi qu'une certaine difficulté à bien les définir et à les circonscrire. Il s'agissait de deux enjeux qui préoccupaient profondément les étudiants et pour lesquels ils n'avaient pas de solution prédéfinie. En ayant la chance de participer à trouver une solution possible, en contexte authentique, sur le terrain, les

étudiants et étudiantes ont retrouvé leur pouvoir d'agir sur des situations qui leur apparaissaient autrement paralysantes.

Pourquoi avoir choisi ces deux problèmes à résoudre?

Les deux problèmes proposés peuvent être considérés comme un *wicked problem*, soit un « méchant problème », un « problème vicieux » (INSPQ), un « problème malicieux, vicieux ou méchant » (Fréchin, 2019), ou une « question scientifique socialement vive » (Bizier, 2020), le *wicked problem* n'ayant pas encore de traduction française officielle. Il s'agit de cas difficilement objectivables, pour des raisons culturelles ou sociales, ou parce que les connaissances sur le sujet sont incomplètes ou contradictoires, ou par le nombre de personnes impliquées ou par leur poids économique important sur l'ensemble des sociétés (Fréchin, 2019). Il s'agit d'un problème complexe qui n'a pas de solution évidente, qui relève de plusieurs disciplines à la fois et qui peut susciter des inquiétudes chez les individus : les changements climatiques, les pandémies, la pauvreté, l'accès à l'eau potable dans certains pays, les guerres territoriales ou la perte d'espaces verts sur la planète (Maxwell et Blanski, 2016). On peut facilement penser aux changements climatiques comme exemple de problèmes complexes, dont les enjeux

dépassent souvent l'entendement et qui peuvent apparaître comme étant impossibles à régler pour plusieurs. Il s'agit pourtant d'un problème qui nous touche tous et chacune et dont les conséquences peuvent paraître dramatiques. La pandémie de COVID-19 est un problème très différent, mais qui répond aussi, à sa façon, à cette description.

Le *wicked problem* en éducation

L'utilisation du *wicked problem* en éducation est délicate vu la gravité des problèmes et du sentiment d'impuissance qu'il peut provoquer chez les personnes. Il est donc important de l'aborder en « mode solution ». Pour amener les étudiants et étudiantes à trouver des solutions, il faudra l'aborder par un apprentissage actif qui « prend appui sur des activités d'application, d'analyse et d'autoévaluation qui s'inspirent de contextes réels et signifiants » (MES, 2021, p. 56). On comprendra que l'apprentissage en situation authentique prend ici tout son sens. L'impact de l'utilisation des *wicked problems* en situation authentique d'apprentissage, sur la réussite éducative, nous intéresse tout particulièrement (Beaulieu et Roberge 2022).

Pourquoi la situation authentique?

Si la preuve de l'utilité de la situation authentique sur la motivation et l'engagement scolaires n'est plus à faire (Duval et Pagé, 2013), elle joue un rôle particulier lorsque l'on traite des problèmes ou des situations potentiellement « paralysantes » tels que les changements climatiques et la pandémie de COVID-19. C'est pour cela que de les aborder en mode actif de recherche de solutions concrètes est préférable, ce que permet la situation authentique. Il est facile de s'imaginer des étudiantes et étudiants déprimés et anxieux d'avoir entendu parler pendant des heures de la situation alarmante liée aux changements climatiques. Imaginez plutôt des étudiants qui abordent les changements climatiques à travers le développement d'un instrument de mesure qui permet de collecter des données exclusives, utilisées par une équipe de recherche sur les changements climatiques. Ces données permettent non seulement de mieux comprendre les changements climatiques dans leur globalité, mais permettent spécifiquement de prédire la fonte d'un glacier en particulier et de prévoir des mesures de contingence pour les populations qui habitent en aval. Dans cet exemple, les étudiants ont appliqué des solutions concrètes à un problème réel et actuel qui les touche. Difficile de faire plus authentique! En abordant le problème en situation authentique, le projet leur a donc permis de faire partie de la solution et ainsi de retrouver leur pouvoir d'agir sur une situation autrement très anxiogène et paralysante.

On pourrait dire la même chose des personnes ayant participé au projet en intelligence artificielle appliqué à la distanciation physique en temps de pandémie. Elles ont participé au développement et aux premiers essais d'une nouvelle technologie permettant, grâce à l'intelligence artificielle et à la vision 3D, de mesurer la distance entre les gens, et de



Figure 1 : Des passants se voient sur l'écran géant d'un camion publicitaire sur lequel s'affiche en temps réel la distance qui sépare les individus. Lorsque la distance n'est pas respectée, elle s'affiche en rouge.

l'afficher en temps réel sur un écran géant (figure 1). Mis à part le personnel de certains secteurs comme les soins de santé et les services sociaux, peu de gens ont eu le sentiment de travailler sur des solutions concrètes pour freiner la propagation du virus pendant la pandémie de COVID-19. C'est pourtant exactement ce qu'a vécu la cohorte étudiante du cégep André-Laurendeau ayant participé à ce projet (Beaulieu, 2021; 2022).

Dans les deux exemples, les étudiants se sont retrouvés face à deux problèmes en apparence insolubles. Pourquoi cela les a-t-il tant motivés? Sans doute parce qu'il s'agit de deux problèmes qui les touchaient profondément et parce qu'ils ont eu la chance de proposer des solutions, si minimes soient-elles.

Une pratique à impact élevé en enseignement

Selon Lavoie, un des critères d'une pratique à impact élevé en enseignement supérieur est d'être « [basé] sur une méthode pédagogique qui présente un apprentissage actif et collaboratif pour générer des apprentissages en profondeur et contextualisés, diversifiée et adaptée au programme d'études » (Lavoie, 2021, p. 56-57).

Nous croyons que l'utilisation des situations authentiques basée sur des problèmes qui créent des inquiétudes chez les jeunes constitue un parfait exemple de ce type de pratique à impact élevé dont parle Lavoie.

Lorsqu'on traite de ces problèmes en situation authentique, cela génère la motivation des étudiants et étudiantes qui y voient une chance de travailler à trouver des solutions concrètes à un enjeu qui les préoccupe. Cette motivation vécue par les étudiants crée leur engagement dans leurs études puisqu'elle est directement liée à l'acquisition des compétences de leur programme d'études dans le but de trouver une solution au problème posé par l'enseignant ou l'enseignante. Cet engagement est lui-même maintenu dans le temps grâce au sens que lui donne la nature du problème puisque la pertinence de l'enjeu sociétal choisi ne s'estompe pas avec le temps. Cet engagement soutenu ou maintenu de l'étudiant envers ses études le mène à sa réussite éducative.

Le lien avec le programme d'étude

Pour que toute cette motivation et ce sentiment de capacité d'agir mènent à la réussite éducative, encore faut-il qu'ils mènent à l'acquisition des compétences du programme d'études. C'est ici qu'il faut être judicieux dans le choix des problèmes à résoudre et du type de solutions qu'on amènera les étudiants à développer.

Dans le programme de *Technologie du génie physique* dans lequel j'enseigne, les étudiants et étudiantes développent un ensemble de compétences en physique appliquée, en électronique et en informatique qu'ils peuvent intégrer dans la conception et la fabrication d'instruments de mesure variés. Il était donc avisé d'aborder le sujet des changements climatiques à travers la mesure de différents phénomènes physiques comme les phénomènes météorologiques ou encore la variation de l'épaisseur de la croûte glaciaire ou neigeuse. Il fallait aussi que les données ainsi récoltées servent à résoudre des problèmes concrets en lien avec les changements climatiques, par exemple, pouvoir mesurer et prédire la vitesse de fonte d'un glacier en particulier. La conception et la fabrication d'une station météorologique est l'objet d'un cours de troisième année. Les étudiants ayant participé à ce projet ont dû dépasser les objectifs du cours pour la rendre autonome et portable. Par la suite, nous sommes allés l'installer sur un glacier au Pérou afin de récolter des données climatiques sur l'environnement de ce dernier (figure 2).



Figure 2 : Accompagnés de leur enseignant, les étudiants posent fièrement lors de l'installation de leur instrument de mesure sur le glacier Ausangate au Pérou. De gauche à droite : Louis Vaudry, David Beaulieu, Thierry Normandeau et Alexandre Durand.

Dans le cas de la pandémie de COVID-19, le respect de la distanciation physique a rapidement été reconnu comme une méthode efficace pour ralentir la propagation du virus. Développer un instrument capable de mesurer cette distance, en utilisant un système de vision par ordinateur et assisté par l'intelligence artificielle, permettait encore une fois d'aborder le problème de la pandémie par le développement d'une solution technologique à sa propagation. C'est à travers leurs projets de fin d'études et la réalisation d'un stage d'assistant de recherche que nos étudiants ont participé à ce projet.

Dans ces deux cas, les étudiants devaient maîtriser plusieurs des compétences clés de leur programme d'études afin d'être en mesure de développer ces solutions.

Conclusion

La nécessité est la mère de toutes les inventions. La preuve en est la construction de la station météo pour récolter des données sur la fonte d'un glacier et l'instrument de mesure de la distance physique entre les individus demandée en temps de pandémie. Lorsque la situation le requiert réellement, l'engagement cognitif des étudiants et étudiantes est au rendez-vous, propulsé par la motivation de résoudre un problème concret ou de combler un besoin criant. Le monde est rempli de ces enjeux qui nous préoccupent. Utilisons-les pour redonner du sens à ce que nous demandons à nos groupes. Plaçons nos étudiants et nos étudiantes dans une position où ils renoueront avec leur capacité d'agir en participant à la recherche de solutions concrètes à ces enjeux. La motivation et l'engagement qu'ils auront à participer à la recherche de solutions les mèneront à la réussite éducative, non pas dans le but de réussir leurs études, mais dans le but de vaincre ces « méchants problèmes »! ■



DAVID
BEAULIEU

RÉFÉRENCES

- Beaulieu, D. et Roberge, J. (2022). Le *wicked problem* pour engager les étudiants dans leurs études. *Pédagogie collégiale*, 35, 36-13. https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/38351/Revue-Printemps2022-Vol.35-3_BeaulieuRoberge.pdf
- Beaulieu, D. (2021). Former une relève en intelligence artificielle en contexte de pandémie. *Pédagogie collégiale*, (34)2, 13-19. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/38109/beaulieu-34-2-21.pdf>
- Beaulieu, D. (2022). Transfert de connaissances entre cégeps en Technique du génie physique. *Portail Educatif*. <https://educative.ca/ressource/transfert-de-connaissances-entre-cegeps-en-technologie-du-genie-physique/>
- Bizier, N. (2020, hiver). Les questions scientifiques socialement vives. Des controverses pour donner du sens aux apprentissages et pour réfléchir sur les rapports aux savoirs, *Pédagogie collégiale*, 33(2), 11-16. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/38054/bizier-33-2-20.pdf>
- Duval, A.-M. et Pagé, M. (2013). *La situation authentique : de la conception à l'évaluation*. AQPC.
- Fréchin, J. -L. (2019, 14 mai). Les problèmes vicieux. *Les Échos*. <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/les-problemes-vicieux-1018661>
- Lavoie, C. (2021). *La réussite au cégep : regards rétrospectifs et prospectifs*. Fédération des cégeps.

SUGGESTIONS DE LECTURE

- Bélec, C. (2018). L'importance de la motivation pour le développement de la métacognition, de l'apprentissage autorégulé et de l'autonomie. *Pédagogie collégiale*, 31(4), 15-21. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/37791/belec-31-4-2018.pdf>
- Bishop-Williams, K. (2020). Wicked problems through a new lens: Combining active learning strategies for solutions-oriented teaching. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, (20)1, 158-162.
- Bradette, A. et Cabot, I. L'intérêt : levier de motivation au service de la persévérance. *Pédagogie collégiale*, (35)2, 34-41. <https://educu.info/xmlui/handle/11515/38282>
- Cabot, I. (2017, 10 mai). *Le potentiel d'influence de l'intérêt scolaire dans la motivation des collégiens en difficulté* [communication orale]. Colloque de l'ACFAS.
- Cross, I. D. et Congreve, A. (2021). Teaching (super) wicked problems: authentic learning about climate change. *Journal of Geography in Higher Education*, (45)4, 491-516.
- Gaudreau, N. (2013). Sentiment d'efficacité personnelle et réussite scolaire au collégial. *Pédagogie collégiale*, (26)3, 17-20. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/21908/Gaudreau-26-3-2013.pdf>
- Kozanitis, A., Leduc, D. et Lepage, I. (2018). L'engagement cognitif au collégial. Une analyse exploratoire des liens entre ses dimensions. *Pédagogie collégiale*, (31)4, 22-27. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/37797/kozanitis-leduc-lepage-31-4-2018.pdf>
- Ministère de l'Enseignement supérieur (MES). (2021). *Plan d'action pour la réussite en enseignement supérieur 2021-2026*, Québec, Gouvernement du Québec, 2021.
- Parent, S. (2014). De la motivation à l'engagement : un processus multidimensionnel à la réussite de vos étudiants. *Pédagogie collégiale*, (27)3, 13-16. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/34326/Parent-27-3-2014.pdf>
- Roberge, J. (2021). La maturité d'apprentissage : comment la susciter chez nos étudiants?. *Pédagogie collégiale*, (34)3, 11-16. <https://educu.info/xmlui/bitstream/handle/11515/38091/roberge-34-3-21.pdf>

L'intégration des apprentissages dans le nouveau programme de sciences de la nature

UNE OCCASION À SAISIR

Bruno Voisard, Enseignant, Cégep André-Laurendeau

Au Québec, comme ailleurs dans le monde, l'enseignement des sciences met généralement l'accent sur la transmission d'un grand nombre de connaissances et d'algorithmes, au détriment d'habiletés de plus haut niveau (Parlons Sciences, 2019; Science & Policy Exchange, 2016). Par exemple, au collégial, les personnes diplômées du programme de sciences de la nature sont très habiles pour répondre à des questions fermées, mais peinent à mettre en application leurs connaissances en contexte (Belleau, 2017; ÉduConseil, 2014). Or, que ce soit pour poursuivre des études universitaires ou, en tant que citoyennes et citoyens, pour comprendre et se positionner sur des enjeux socioscientifiques, cette habileté à appliquer des algorithmes ne suffit pas : les étudiantes et étudiants doivent avoir vécu des activités d'apprentissage qui leur demandent de réaliser des tâches de plus en plus complexes et qui les amènent à intégrer graduellement leurs apprentissages.

Le nouveau programme de sciences de la nature, devenu officiel en décembre 2021, doit être offert par les collèges au plus tard à l'automne 2024. Puisque ceux-ci doivent maintenant implanter ce nouveau programme, le moment est propice pour les équipes enseignantes de sciences du collégial de repenser l'enseignement de ce qui est parfois appelé les habiletés relatives au processus scientifique. Cet article dresse d'abord un bref état des lieux de l'intégration des apprentissages en sciences et propose ensuite quelques pistes pour aider les étudiants et étudiantes à réaliser des apprentissages plus signifiants.

Le défi de l'intégration des apprentissages en sciences

Le Conseil supérieur de l'éducation définissait en 1991 (CSE, 1991) l'intégration des apprentissages comme étant un processus en trois étapes :

- 1) La greffe d'un nouveau savoir à ses savoirs antérieurs
- 2) La restructuration de ses savoirs
- 3) L'application des savoirs acquis à des situations nouvelles et concrètes

En sciences, l'intégration des apprentissages fait aussi référence à des habiletés telles que la résolution de problèmes, l'interprétation de données, le design expérimental, la communication scientifique orale et écrite, le travail d'équipe

et les habiletés méthodologiques (Coil et al., 2010). En effet, l'application de ses savoirs scientifiques à des situations concrètes nécessite aussi de faire appel à cet ensemble d'habiletés. Ces habiletés relatives au processus scientifique sont d'ailleurs couvertes par la compétence d'intégration du nouveau programme québécois de sciences de la nature (MEES, 2021, p. 42), associée à un cours de 45 h dans le cadre duquel un projet de fin d'études devra être réalisé.

L'ancien programme de sciences de la nature stipulait déjà, dès 1998, que « [t]ous reconnaissent d'emblée l'importance de l'intégration des apprentissages dans le programme et tous souhaitent que l'intégration des apprentissages et des attitudes soit visée de façon continue et explicite dans l'ensemble des cours du programme, et non exclusivement dans un cours placé à la fin du programme » (MELS, 2010, p. 8). Si cette volonté existe depuis près de 25 ans, d'où viennent alors les difficultés des personnes diplômées en sciences de la nature à démontrer l'intégration de leurs apprentissages? Elles viennent possiblement du fait que trop peu de temps est consacré dans les cours au développement des habiletés qui y sont nécessaires. L'importance accordée dans les cours à l'enseignement des contenus disciplinaires, par opposition à ces habiletés, pourrait contribuer à ce phénomène (Petersen et al., 2020). Or, pour que nos étudiantes et nos étudiants développent leurs habiletés en résolution de problèmes et mettent en œuvre une démarche scientifique, davantage d'importance doit y être accordée tout au long du programme.

Des pistes pour des apprentissages plus signifiants

Malheureusement, le programme de 2021 ne propose pas plus de pistes concrètes que celui de 1998 pour favoriser l'intégration des apprentissages et le développement des habiletés relatives au processus scientifique tout au long du cheminement collégial (Cormier et Voisard, 2022). Il revient donc aux collèges et aux équipes enseignantes de s'assurer que le programme implanté dans chaque collège atteigne ces visées de l'éducation scientifique. Voici quelques pistes qui pourraient être explorées afin de nous rapprocher de cet objectif.

Travailler en approche-programme

Pour enseigner de façon progressive et cohérente tout au long du programme les habiletés de résolution de problèmes et les habiletés relatives au processus scientifique, tout en ayant le temps de traiter des contenus disciplinaires, il devient nécessaire de partager les responsabilités entre les disciplines et les cours du programme. Ce travail relativement complexe a été confié aux collèges par le comité qui a défini la structure du nouveau programme (Lavoie et al., 2019). En effet, dans une version antérieure du projet de programme, ces habiletés nous apparaissaient un peu mieux intégrées aux objectifs et standards définis par le ministère (MEES, 2018), mais cette approche a été rejetée dans la version finale du programme.

L'approche retenue présente certains risques : en reléguant ces habiletés aux buts généraux et à la compétence d'intégration, comme dans l'ancien programme, il devient facile de retomber dans les mêmes pièges que ceux des dernières décennies. La Commission d'évaluation de l'enseignement collégial, par exemple, a remarqué dans le passé des problèmes relatifs à l'intégration des buts généraux du programme et à l'intégration des apprentissages dans les programmes de sciences de la nature de beaucoup de collèges (CEEC, 2008). Espérons que l'impulsion amenée par l'implantation d'un nouveau programme encourage les équipes enseignantes à viser à ce que l'ensemble des cours du programme contribue au profil de sortie. Comme le rappelle le Conseil supérieur de l'éducation, « [l]a cohérence d'un programme tient au fait qu'il n'est pas une juxtaposition de cours et que toutes ses composantes sont alignées sur un profil de sortie » (CSE, 2018, p. 50).

Enseigner la résolution de problèmes

Lors des travaux préalables à l'écriture du nouveau programme de sciences de la nature, on tenait les propos suivants au sujet de la résolution de problèmes :

« Les concepts de problèmes et de résolution de problèmes sont difficiles à définir. Le niveau d'exigence à atteindre tout au long du programme et dans chacun des objectifs et standards est mal planifié. La résolution de problèmes est une compétence qu'il est laborieux de développer pour les étudiants, mais qui est essentielle en sciences. Pour les enseignants, l'évaluation de la résolution de problèmes est complexe et difficile et le

temps associé à son enseignement et à son apprentissage est un facteur déterminant dans l'acquisition de cette compétence. » (MEES, 2017, p. 33)

Les notions de problème et de résolution de problèmes ne sont pas plus clairement définies dans le programme de 1998 que dans celui de 2021, et elles ne sont pas davantage prises en compte dans les compétences du nouveau programme. Les difficultés des personnes diplômées à résoudre de véritables problèmes ont été mises en évidence lors des consultations des universités (Belleau, 2017; ÉduConseil, 2014). Pour y remédier, la définition d'une progression des apprentissages en résolution de problèmes par les collèges, lors de l'implantation de leur programme de sciences, pourrait s'avérer une voie à explorer.

Selon une typologie proposée par Wood (2006), les problèmes peuvent être classés en fonction de trois variables :

- 1) La solution recherchée : est-elle mentionnée explicitement, ou doit-elle être établie?
- 2) Les données : sont-elles fournies dans le problème, ou sont-elles incomplètes?
- 3) Les méthodes : suffit-il d'appliquer un algorithme connu pour arriver à la solution, ou cela ne suffit-il pas?

D'autres auteurs insistent également sur l'importance de la richesse du contexte : les étudiantes et étudiants qui sont capables de résoudre des problèmes de façon algorithmique ne comprennent souvent pas les concepts sur lesquels les problèmes sont basés (Cracolice et al., 2008; Gabel et al., 1984). Il n'est donc pas étonnant qu'ils soient souvent perplexes lorsque le contexte du problème devient plus authentique. La richesse du contexte pourrait donc être une quatrième variable qui permettrait de classer les problèmes. Par exemple, demander le nombre d'atomes d'aluminium dans 0,50 g de papier d'aluminium est un problème au contexte relativement pauvre. Le contexte s'enrichit lorsqu'on demande de trouver le prix de chaque atome d'un rouleau de papier d'aluminium, en fournissant une balance et le rouleau de papier en question. De plus, en sciences expérimentales, le laboratoire, ou le terrain, des lieux souvent plus authentiques que la classe, peuvent contribuer à moduler les autres variables.

Mettre en place une progression des apprentissages en matière de résolution de problèmes pourrait comprendre l'enseignement de la démarche de résolution de problèmes d'une complexité grandissante, au fil des sessions, et ce, dans les cours de chacune des disciplines de la formation spécifique. Cela implique cependant une compréhension commune des objectifs à atteindre et des actions concertées de la part des équipes enseignantes.

Le rôle des laboratoires

Le rôle des laboratoires peut sembler aller de soi dans l'enseignement du processus scientifique. Toutefois, tous les laboratoires ne permettent pas aussi efficacement de développer les habiletés relatives au processus scientifique. On peut classer

la nature des laboratoires selon les variables suivantes (Abrams et al., 2007) :

- 1) L'objectif du laboratoire
- 2) La procédure expérimentale
- 3) La façon d'analyser les données

Chacune de ces variables peut être définie par les enseignantes et enseignants, ou par les étudiantes et étudiants. On qualifie de laboratoires par enquête guidée ceux où les étudiantes et étudiants choisissent la procédure expérimentale et la façon d'analyser les données. Dans les laboratoires par enquête ouverte, ils doivent définir chacun de ces trois aspects. À l'autre extrémité du spectre se retrouvent les laboratoires de vérification, où les étudiantes et étudiants doivent atteindre un objectif établi pour eux, selon une méthode établie pour eux.

On peut dresser un parallèle entre cette typologie et celle qui a été proposée par Wood (2006) pour classer les problèmes. En fait, on pourrait soutenir que le laboratoire est un contexte particulier pour camper un problème de nature scientifique. Il est donc naturel que l'on en vienne à une typologie similaire pour définir la nature des problèmes proposés en classe et celle des laboratoires éducatifs.

Les laboratoires par enquête guidée développent mieux les habiletés relatives au processus scientifique que les laboratoires de vérification (Jeffery et al., 2016; Gormally et al., 2009; Myers et Burgess, 2003). En fait, certaines recherches semblent même démontrer l'inefficacité des laboratoires de vérification

pour favoriser la compréhension des concepts scientifiques, contrairement aux laboratoires par enquête guidée (Abraham, 2011; Blanchard et al., 2010; Holmes et al., 2017). Il serait donc pertinent de profiter de la révision du programme collégial de sciences de la nature pour porter un regard critique sur les laboratoires proposés à nos groupes. Fay et ses collaborateurs (2007) proposent d'ailleurs une grille d'analyse qui peut être utilisée à cette fin.

Conclusion

L'implantation du nouveau programme collégial québécois de sciences de la nature représente une occasion pour les collèges de porter davantage d'attention à l'enseignement des habiletés de résolution de problèmes et des habiletés relatives au processus scientifique. Pour développer ces habiletés, les étudiantes et étudiants doivent avoir des occasions de développer leur autonomie en étant confrontés à des problèmes graduellement plus ouverts, tant en classe qu'en laboratoire. C'est collectivement, en concentrant nos efforts sur des objectifs qui transcendent nos disciplines scientifiques, que nous y arriverons. ■



RÉFÉRENCES

- Abraham, M. R. (2011). What can be learned from laboratory activities? Revisiting 32 years of research. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1020-1025. <https://doi.org/10.1021/ed100774d>
- Abrams, E. D., Southerland, S. A. et Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. Dans E. D. Abrams, S. A. Southerland et P. Silva (Éds.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Information Age Publishing.
- Belleau, J. (2017). *Les acquis disciplinaires attendus des diplômés des programmes de sciences* (p. 31). Gouvernement du Québec. http://www.lareussite.info/wp-content/uploads/2017/01/2017-03_jbelleau_acquis-disciplinaires-attendus-diplomes-programmes-sciences.pdf
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. et Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction: Guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- CEEC. (2008). *Évaluation de programmes du renouveau de l'enseignement collégial : Rapport synthèse*. Commission d'évaluation de l'enseignement collégial. <https://www.deslibris.ca/ID/226549>
- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M. et Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: Faculty perceptions and an effective methodology. *CBE—Life Sciences Education*, 9(4), 524-535. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0005>
- Cormier, C. et Voisard, B. (2022). Nouveau programme collégial québécois de Sciences de la nature : commentaire sur l'article de Désautels (2020) et pistes pour l'intervention. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22, 237-249. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00192-8>
- Cracolice, M. S., Deming, J. C. et Ehlert, B. (2008). Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. *Journal of Chemical Education*, 85(6), 873-878.

- CSE. (1991). *L'Intégration des savoirs au secondaire : au cœur de la réussite éducative : avis au ministre de l'Éducation et à la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Science*. Direction des communications du Conseil supérieur de l'éducation.
- CSE. (2018). *Rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2016-2018 – Évaluer pour que ça compte vraiment* (p. 112).
- EduConseil. (2014). *Le profil attendu par les universités de la part des élèves diplômés des programmes d'études préuniversitaires en sciences*. Gouvernement du Québec. http://www.lareussite.info/wp-content/uploads/2017/01/2014-03_educonseil_profil-attendu-des-universites-eleves-diplomes-sciences.pdf
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H. et Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 212-219. <https://doi.org/10.1039/B6RP90031C>
- Gabel, D. L., Sherwood, R. D. et Enochs, L. (1984). Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 221-233.
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B. et Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2). <https://doi.org/10.20429/ijstol.2009.030216>
- Holmes, N. G., Olsen, J., Thomas, J. L. et Wieman, C. E. (2017). Value added or misattributed? A multi-institution study on the educational benefit of labs for reinforcing physics content. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010129. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010129>
- Jeffery, E., Nomme, K., Deane, T., Pollock, C. et Birol, G. (2016). Investigating the role of an inquiry-based biology lab course on student attitudes and views toward science. *CBE Life Sciences Education*, 15(4), ar61. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-11-0203>
- Lavoie, C., Bouchard, F. et Gingras, Y. (2019). *Rapport du comité d'experts sur la révision du programme d'études collégiales Sciences de la nature* (p. 117). Gouvernement du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/enseignement-superieur/collegial/rapport-experts-sciences-nature.pdf
- MEES. (2017). *Analyse comparative du programme d'études et des compétences attendues au seuil d'entrée à l'université*. Gouvernement du Québec.
- MEES. (2018). *Programme d'études préuniversitaires Sciences de la nature—Version de consultation*. Gouvernement du Québec.
- MEES. (2021). *Programme d'études préuniversitaires Sciences de la nature, Présentation des modifications apportées consécutivement à la consultation*. Gouvernement du Québec.
- MELS. (2010). *Sciences de la nature—Programme d'études préuniversitaires—200.B0*. Gouvernement du Québec.
- Myers, M. J. et Burgess, A. B. (2003). Inquiry-based laboratory course improves students' ability to design experiments and interpret data. *Advances in Physiology Education*, 27(1), 26-33. <https://doi.org/10.1152/advan.00028.2002>
- Parlons Sciences. (2019). *L'évolution de l'enseignement des STIM : un examen des récentes recommandations sur les politiques internationales et canadiennes*.
- Petersen, C. I., Baeppler, P., Beitz, A., Ching, P., Gorman, K. S., Neudauer, C. L., Rozaitis, W., Walker, J. D. et Wingert, D. (2020). The tyranny of content : "Content coverage" as a barrier to evidence-based teaching approaches and ways to overcome it. *CBE—Life Sciences Education*, 19(2), ar17. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-04-0079>
- Science & Policy Exchange. (2016). *Student perspective of STEM education in Canada*. Dialogue Sciences & Politiques.
- Wood, C. (2006). The development of creative problem solving in chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 7(2), 96-113. <https://doi.org/10.1039/B6RP90003H>

L'enseignement par modélisation en physique

REPRODUIRE LA PRATIQUE SCIENTIFIQUE EN CLASSE

Stéphan Bourget, enseignant de physique, Cégep Vanier

Les étudiants et étudiantes du collégial arrivent souvent à leurs premiers cours de physique avec des idées préconçues contradictoires qui nuisent à leur compréhension. Halloun et Hestenes (1985) rapportent que les croyances (généralement erronées) des étudiants sont très stables et conduisent à une mauvaise interprétation systématique du matériel des cours d'introduction. Pour améliorer l'apprentissage et offrir une expérience plus authentique, il vaut la peine d'examiner la construction des connaissances scientifiques et comment elle peut éclairer l'enseignement des sciences. L'enseignement par modélisation, qui sera présentée dans ce qui suit, est une méthode d'enseignement qui peut s'avérer efficace pour y arriver.

Construction des connaissances scientifiques

Les connaissances scientifiques sont organisées en théories et modèles servant à interpréter et à donner du sens aux données empiriques (Hestenes, 1987). En physique, nous utilisons des modèles schématiques, graphiques et mathématiques pour décrire, expliquer ou prédire des phénomènes. L'enseignement par modélisation a pour principe de reproduire le processus de construction de tels modèles et est donc fortement enraciné dans l'approche expérimentale. C'est à partir des expériences de laboratoire que la théorie est développée, et non l'inverse. Ainsi, les étudiants et étudiantes commencent un cycle d'apprentissage par l'investigation expérimentale d'un phénomène, avant même d'avoir appris quoi que ce soit de manière théorique à son sujet.

Pour illustrer l'idée générale, considérons ce qui pourrait arriver en étudiant la réfraction d'un faisceau lumineux monochromatique à travers un prisme de verre. Les observations pourraient d'abord mener à une analogie physique avec un camion-jouet motorisé (analogue à la lumière) se déplaçant à vitesse constante et passant d'une surface en béton (analogue à l'air) à une surface couverte de boue (analogue au verre), où le déplacement est plus ardu. Cela pourrait à son tour inspirer quelques expériences conduisant à une expression mathématique de la loi de la réfraction. Ces deux modèles pourraient ensuite être combinés dans un modèle conceptuel de rayons lumineux se déplaçant en lignes droites à une vitesse constante jusqu'à ce qu'ils atteignent la limite d'un milieu où la lumière se déplace à une vitesse inférieure. À cette limite, les rayons lumineux transmis se comportent comme la loi de la réfraction décrit.

Par ailleurs, une autre analogie physique aurait pu être conçue, comme une sauveteuse (analogue à la lumière) courant pour sauver un nageur en détresse dans les plus brefs délais. Le chemin optimal, du sable (analogue à l'air) à l'eau (analogue au verre) correspondrait à la loi de la réfraction. Combiné au modèle empirique, cela pourrait conduire à un développement ultérieur du modèle conceptuel en incorporant le principe de moindre temps de Fermat.

C'est ce genre de modélisation conceptuelle à partir de l'expérience de laboratoire qui constitue en quelque sorte une des bases de l'enseignement par modélisation. Les modèles se complexifient graduellement, sont généralisés, puis déployés à d'autres phénomènes jusqu'au moment où ils sont pris en défaut et exigent leur amélioration ou leur remplacement par des modèles plus robustes.

L'enseignement par modélisation, en classe

L'enseignement par modélisation est une méthode d'enseignement des sciences où l'accent est mis sur l'enquête, l'observation, la collaboration, la communication et le raisonnement, avec un enseignant agissant comme questionneur plutôt que comme fournisseur de connaissances (Megowan, 2010). Il a été développé par les physiciens et Hestenes (1987) à l'Université d'État de l'Arizona et adapté au secondaire (américain) par Wells et ses collaborateurs (1995).

L'enseignement par modélisation suit un cycle qui est répété plusieurs fois. Megowan (2010) l'a divisé en trois phases : la construction du modèle, les essais et l'élaboration du modèle, puis l'application du modèle. Dans la première phase, un

laboratoire paradigmatique aide les étudiants et étudiantes à identifier collaborativement un modèle et ses paramètres (la première section illustre une possible approche dans l'étude de la réfraction). Ce laboratoire génère des conversations qui les amènent à organiser ce qu'ils savent et ce qu'ils veulent savoir, à générer des hypothèses testables, à chercher des preuves et à construire un argumentaire. Cela se termine par une « réunion de conseil », une sorte de plénière entre les équipes. Dans la deuxième phase, le modèle est affiné et testé à travers une variété de tâches et de problèmes qui suscitent une meilleure maîtrise du modèle initialement identifié. Dans la troisième phase, les équipes utilisent le modèle pour résoudre des problèmes plus complexes et contextualisés. Un laboratoire pratique et une évaluation de fin d'unité complètent le processus. Megowan (2010) recommande de former des groupes de trois personnes pour le travail collaboratif précédant les réunions de conseil essentiellement dirigées de manière autonome par les étudiants et étudiantes.

Le cycle est répété lorsque les investigations mettent au jour des phénomènes pour lesquels les modèles existants sont insuffisants, voire inappropriés. Par exemple, l'étude d'un charriot roulant sur un plan incliné mettra en défaut le modèle cinématique du mouvement à vitesse constante. Selon l'orientation choisie, l'étude du rebond d'une balle au sol montrera les limites du modèle cinématique du mouvement uniformément accéléré et pourrait être l'occasion de présenter l'idée d'énergie pour arriver à un modèle causal de celui-ci, ou peut-être préférera-t-on simplement considérer l'insuffisance des modèles cinématiques (descriptifs) à expliquer le mouvement, justifiant un nouveau cycle pour développer un modèle causal avec la notion de force. Un autre modélisateur pourrait par ailleurs préférer montrer l'insuffisance du modèle de mouvement uniformément accéléré pour décrire les collisions, et ainsi entamer un nouveau cycle qui développera la notion de quantité de mouvement.

Desbien (2002) a décrit sept éléments d'une bonne gestion du discours en modélisation :

1. Il y a une création délibérée d'une communauté d'apprentissage coopérative.
2. Cette communauté éprouve un besoin explicite de créer des modèles en science.
3. Grâce au processus, les étudiants et étudiantes créent du sens socialement construit.
4. Les enseignants et enseignantes sèment des éléments dans la discussion grâce à des interactions stratégiques avec des groupes individuels.
5. La discussion ne s'arrête pas à la fin du cours; au lieu de cela, un suivi adéquat est fait.
6. Les enseignants favorisent la discussion entre les étudiants en ne contrôlant pas ou en ne participant pas du tout aux discussions en classe.
7. Enfin, ils évaluent activement les étudiants et étudiantes de manière formative.

Le sixième point, surtout sa seconde partie, est discutable. Plusieurs modélisateurs, surtout au secondaire, préféreront offrir plus d'encadrement. Même au collégial, cet encadrement additionnel est souvent nécessaire pour guider (et sécuriser) le groupe. L'idéal demeure néanmoins de s'effacer autant que possible et de manière progressive pour que les étudiants prennent la responsabilité du processus. Hestenes (1997) précise d'ailleurs que l'enseignant ou l'enseignante doit guider l'investigation et la discussion avec des questions et des remarques socratiques. Il ajoute que les termes techniques et les outils de représentation sont présentés par l'enseignant, car ils sont nécessaires pour affiner les modèles, faciliter les activités de modélisation et améliorer la qualité du discours.

Lorsqu'ils sont adaptés à des situations spécifiques, les modèles généraux deviennent spécifiés et peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes spécifiques. Des outils de modélisation couramment utilisés en mécanique sont les cartes de mouvement, les graphes cinématiques, les schémas de système, les diagrammes de forces ou de corps libres, et les graphiques à secteurs ou à barres d'énergie (figures 1 et 2). Il en existe d'autres et si le temps le permettait, il serait même possible de développer des simulations avec Excel, Python, Mathematica ou des logiciels de dynamique des systèmes comme Vensim ou Powersim Studio (l'auteur a utilisé Pyret en classe de mise à niveau). Ces outils sont des représentations de différents aspects d'un phénomène et leur multiplicité renforce un modèle tout en permettant une compréhension plus approfondie qui peut être vérifiée par leur cohérence.

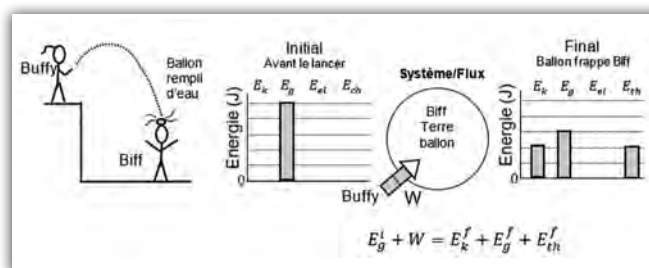


Figure 1. Exemples de représentations en enseignement par modélisation.

Figure 1. Exemples de représentations en enseignement par modélisation. Ce diagramme LOL inclut un schéma situationnel, des graphiques à barres d'énergie avec représentation du flux d'énergie à travers le système choisi, et l'équation correspondante. Il est abordé lors de la discussion des concepts de réservoirs (à l'intérieur d'un système) et de transferts (vers l'intérieur ou l'extérieur d'un système) d'énergie, ainsi que de sa conservation.

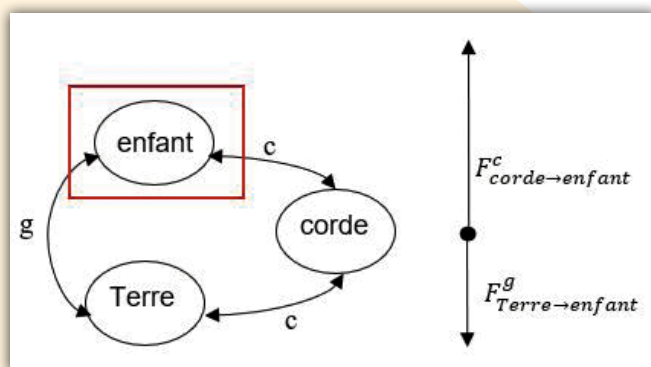


Figure 2. Schéma de système et diagramme de forces correspondant pour un enfant qui grimpe de plus en plus vite une corde (de masse négligeable) suspendue d'une falaise, en utilisant seulement ses mains.

Figure 2. Schéma de système et diagramme de forces correspondant pour un enfant qui grimpe de plus en plus vite une corde (de masse négligeable) suspendue d'une falaise, en utilisant seulement ses mains. Le schéma de système est un moyen de bien identifier le système d'intérêt et de prédire le nombre de forces à apparaître dans le diagramme de forces (en comptant le nombre d'interactions avec des agents extérieurs).

L'utilisation du tableau blanc (souvent portable) est une autre caractéristique centrale de l'enseignement par modélisation (Megowan, 2007), car il sert de médiateur du discours et permet aux raisonnements d'être extériorisés et ouverts à l'examen des pairs. C'est un moyen très efficace pour détecter les idées fausses et y remédier, mais certaines conditions doivent être remplies pour que cela réussisse.

1. Les enseignants doivent être en mesure d'écouter les étudiants engagés dans un discours productif, médié par tableau blanc, menant à la construction de modèles.
2. Ils doivent avoir une image claire du modèle attendu et posséder une bonne maîtrise des métaphores et du langage liés à l'incompréhension des étudiants.
3. Ils devraient être capables d'orienter le discours sans donner de réponses et avoir conscience de la façon dont les inscriptions des étudiants se rapportent à leur pensée.
4. Ils devraient connaître les modèles culturels d'apprentissage

que les étudiants possèdent et les nouveaux modèles qui peuvent les remplacer par une gestion habile des activités de classe.

En enseignement par modélisation, les présentations magistrales sont sinon absentes, à tout le moins réduites au strict minimum. L'essentiel du temps de classe est passé en travail d'équipe, soit en laboratoire, soit autour d'un tableau blanc à synthétiser des résultats, une réflexion ou une démarche, soit en « réunion de conseil », toute la classe idéalement assise en cercle pour présenter les tableaux blancs et échanger à leur sujet de manière à produire un consensus permettant d'avancer dans l'apprentissage.

Résultats de l'enseignement par modélisation

La recherche sur l'enseignement de la physique s'appuie largement sur le *Force Concept Inventory* (FCI) pour évaluer les apprentissages en mécanique. Environ 7 500 élèves des États-Unis en physique du secondaire ont participé à un projet d'enseignement par modélisation en 1995-1998. Hestenes (2006) rapporte des moyennes de 29 % et 69 % avant et après le test pour les modélisateurs experts, comparativement à 26 % et 52 % pour les modélisateurs débutants, et à 26 % et 42 % pour les enseignants traditionnels. Cela correspond aux résultats recueillis entre 1994 et 2000 pour 20 000 élèves (Hestenes, 2000). Madsen, McKagan et Sayre (2015) ont également signalé des améliorations attitudinales significatives résultant d'un accent explicite sur la création de modèles et le développement de croyances plus expertes.

En 2001, l'enseignement par modélisation a été reconnu comme l'un des deux seuls programmes scientifiques exemplaires de la maternelle à la 12^e année sur les 27 qui ont été évalués (U.S. Department of Education, 2001). En 2008, Brewe rapportait que 10 % des enseignants et enseignantes de physique du secondaire, aux États-Unis, ont reçu une formation formelle sur la méthode d'enseignement par modélisation.

La modélisation est également utilisée dans des universités et collèges américains. Malgré des résultats positifs, des obstacles ralentissent son adoption généralisée dans l'enseignement supérieur. La modélisation est mieux mise en œuvre à l'aide d'une approche pratique qui s'adapte bien aux locaux qui

combinent théorie et laboratoire en tout temps, et elle peut nécessiter une couverture de contenu réduite. De plus, il existe actuellement un manque de ressources de niveau universitaire, sans compter que la plupart des manuels ignorent le rôle des modèles et omettent souvent une utilisation étendue des représentations (Brewer, 2008). Les modélisateurs, incluant l'auteur, arrivent cependant à relever ces défis pour permettre à leurs étudiants et étudiantes de développer une compréhension plus juste de la pratique scientifique et de ses modèles théoriques.

Conclusion

L'enseignement par modélisation est une approche fort prometteuse pour favoriser l'apprentissage plus authentique des sciences comme la physique. Malgré les contraintes (celle de ne pas pouvoir être au laboratoire en tout temps, forçant ainsi un rythme plus ou moins naturel, étant la plus importante), l'auteur a réussi à utiliser l'approche pour

enseigner la mécanique au collégial, et cela sans réduire le matériel requis pour l'examen final commun. La performance était satisfaisante pour une mise en œuvre débutante (pour les détails, voir Bourget, 2020). Avec expertise et pratique, et avec l'optimisation en cours de la séquence d'enseignement, il s'attend à ce que des résultats d'apprentissage plus élevés soient obtenus et il encourage sans hésiter toutes les personnes qui ont envie de renouveler leur enseignement à considérer sérieusement cette approche. ■



RÉFÉRENCES

- Bourget, S. (2020). *Learning outcomes of modelling vs. Regular instruction in a CEGEP introductory physics course*. Université Sherbrooke.
- Brewer, E. (2008). Modeling theory applied: Modeling instruction in introductory physics. *American Journal of Physics*, 76(12), 1155.
- Desbien, D. M. (2002, 1^{er} janvier). *Modeling discourse management compared to other classroom management styles in university physics*. ProQuest Dissertations Publishing.
- Halloun, I. A. et Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Halloun, I. A. et Hestenes, D. (1987). Modeling instruction in mechanics. *American Journal of Physics*, 55, 455-462.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454.
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. *AIP Conference Proceedings*, 399, 935-958.
- Hestenes, D. (2000). *Findings of the modeling workshop project, 1994 - 2000*. Une section d'un rapport NSF final.
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory. In *Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education* (Vol. 31).
- Madsen, A., McKagan, S. B. et Sayre, E. C. (2015). How physics instruction impacts students' beliefs about learning physics: A meta-analysis of 24 studies. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(1).
- Megowan, M. C. (2007). *Framing discourse for optimal learning in science and mathematics*. Arizona State University.
- Megowan, M. C. (2010). The modeling method of instruction in physics: How to do it! *Proceedings of the 2010 Chinese Association of Physics Education and Research Conference*.
- U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement (2001). *Exemplary and promising science programs*, 2001. Washington, DC.
- Wells, M., Hestenes, D. et Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 63(7), 606-619.

Paroles de profs

CONVERSATIONS INTERORDRES SECONDAIRE-COLLÉGIAL EN SCIENCE ET EN MATHÉMATIQUES

Auréli Gauthier-Houle, Cégep de Saint-Laurent, Dominic Haché, Centre de services scolaire Marguerite-Bourgeoys (CSSMB), Frédéric Prud'Homme, CSSMB, Hélène Mathieu, acceSciences, RCM et Mathieu Dubreuil-Cousineau, CSSMB

Comment faciliter la transition secondaire-collégiale des élèves finissants de 5^e secondaire qui feront leur entrée dans le programme Sciences de la nature au cégep?

Le présent article témoigne d'une pratique innovante de conversations entre enseignants et enseignantes du secondaire et du collégial, organisées et animées par acceSciences du Regroupement des cégeps de Montréal (RCM) en collaboration avec le Centre de services scolaire Marguerite-Bourgeoys (CSSMB) et le cégep de Saint-Laurent. AcceScience est une initiative créée par le RCM en 2016 dont la mission est de développer une concertation et une collaboration entre les établissements des différents ordres d'enseignement et les organismes intervenant en promotion de la science et de la technologie chez les jeunes et ultimement, sensibiliser davantage de jeunes aux études et aux carrières scientifiques et technologiques.

Le 24 février dernier, nous avons témoigné de notre pratique à plus de 800 participants lors d'une journée de conférences, organisée par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur sur le thème de la transition secondaire-collégial pour les élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (Québec, février 2022). Le Regroupement des cégeps de Montréal, qui réunit les douze cégeps publics de l'île de Montréal, collabore activement, depuis plusieurs années, avec les cinq centres de services scolaires de l'île et de nombreux partenaires impliqués dans la réussite et la persévérance scolaires afin de favoriser les transitions et les trajectoires des élèves vers le collégial. Le présent article donne les principaux éléments de cette présentation.

Une demande du collégial : favoriser la transition en temps de pandémie

Au printemps 2021, l'équipe du programme de Sciences de la nature du cégep de Saint-Laurent fait une demande à acceSciences pour l'organisation d'une rencontre virtuelle entre enseignants et enseignantes de sciences et mathématiques de 5^e secondaire et des programmes de sciences et de

mathématiques des cégeps de Montréal. L'objectif de la rencontre étant de mieux connaître les élèves qui auront terminé leur 4^e secondaire et fait la totalité de leur 5^e secondaire en pandémie. Cette première rencontre s'est déroulée le 4 juin 2021 avec 75 personnes participantes. La plus grande partie de la rencontre s'est déroulée en petits groupes afin de favoriser les échanges entre le personnel enseignant des deux ordres d'enseignement.

La demi-journée d'échanges a permis de :

- 1) Présenter un portrait général de la réalité de ce qui a été vu ou non dans les cours de sciences et de maths durant l'année 2020-2021;
- 2) Présenter au personnel enseignant du secondaire les mesures mises en place au cégep pour l'accueil de leurs élèves à l'automne 2021;
- 3) Donner la parole aux enseignants et enseignantes du secondaire pour témoigner de leur pratique.

Ce qui a été vu ou non en classe du secondaire

En 2020-2021, le ministère de l'Éducation a misé sur le personnel enseignant pour prendre les décisions quant aux contenus à enseigner (MEQ, 2021). Des choix différents ont été faits selon les contextes d'enseignement. Cette cohorte d'élèves n'a pas été exposée à l'ensemble des concepts prescrits par le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ). De plus, l'enseignement en ligne a perturbé l'approfondissement des notions, telles qu'elles étaient enseignées auparavant : l'accès restreint aux locaux spécialisés a empêché la manipulation des instruments de mesure nécessaires au développement de compétences en sciences et technologies; les conditions d'enseignement changeantes, quant à elles, ont nui à la réflexion sur les meilleures pratiques évaluatives.

Les pratiques évaluatives en contexte de pandémie ont aussi été abordées lors des échanges. Les enseignants et enseignantes du secondaire ont expliqué la volonté de certaines écoles de diminuer le nombre d'évaluations au cours d'une même journée, de réduire la durée des examens, d'offrir davantage de reprises aux élèves éprouvant des difficultés. Ils ont pu exprimer leurs inquiétudes quant à la capacité de ces mêmes élèves à réussir les examens de mi-session au collégial. Les échanges ont aussi porté sur le niveau d'anxiété des élèves et des stratégies mises en place pour les apaiser, dans un contexte d'apprentissage en mode hybride tout au long de l'année. En comprenant mieux le contexte dans lequel les élèves du secondaire ont évolué, le personnel enseignant des cégeps a obtenu davantage d'informations leur permettant de prendre des décisions adaptées à la réalité des élèves à accueillir pour la prochaine année.

Autant de craintes que le milieu du secondaire entretenait sur la transition de leurs élèves aux études collégiales.

Des mesures d'aide au collégial

Une retombée importante de la rencontre interordres a été la présentation des ressources offertes à la communauté étudiante du collégial. En effet, les mesures d'aide y sont multiples : centres d'aide disciplinaires, périodes de disponibilités des enseignants et enseignantes, services de tutorat, ateliers de récupération, service d'orientation et d'aide psychosociale se côtoient dans les cégeps de Montréal, comme dans ceux du reste du réseau. Peu importe les différences particulières dues à la couleur locale du cégep, le message transmis aux collègues du secondaire est clair : le collégial est prêt à soutenir cette cohorte si elle a besoin d'aide supplémentaire.

Des enseignants et enseignantes du secondaire ont aimé savoir que leurs élèves ne sont pas jetés sans filet dans le monde du collégial et que la communauté collégiale se soucie de leur bien-être et de leur réussite.

Trop d'étudiants et d'étudiantes hésitent à faire appel aux services d'aide. C'était vrai avant la pandémie. Nous les comprenons, d'instinct, les jeunes adultes cherchent à assumer une plus grande autonomie, parfois aux dépens de leur réussite scolaire. La communauté enseignante du secondaire peut aider à la transition vers le collégial en envoyant un message à ses élèves : « Au cégep, vous recevrez de l'aide, tout autant pour de petites précisions que pour de profondes incompréhensions, mais il faut le demander. Vous n'aurez pas de récupération obligatoire lorsque vos notes baisseront. C'est à vous de faire les démarches! »

Une démystification des prérequis pour réussir au collégial a soulagé les participants et participantes du secondaire. Non, les élèves n'ont pas besoin de connaître par cœur les contenus du secondaire pour réussir au collégial. L'enjeu est de maintenir l'intérêt pour les sciences, disent des membres du comité d'acceSciences. Bien sûr, le personnel enseignant du collégial,

comme celui du secondaire, souhaite que leurs étudiants soient plus à l'aise avec l'algèbre et la démarche scientifique, par exemple. C'est là un réflexe normal, les enseignants et enseignantes du collégial ne travaillent pas avec des enfants, mais ils savent accueillir les jeunes adultes en développement.

Des bons coups

Une période tout aussi riche a été celle des échanges sur nos « bons coups de la pandémie ». En effet, le contexte pandémique a permis d'expérimenter des approches pédagogiques différentes sans trop mettre en péril la planification des apprentissages. La communauté enseignante du secondaire a été dithyrambique sur l'impact des plateformes d'enseignement à distance. Pour le CSSMB Google éducation, elle a reconnu la responsabilisation que procurait la classe inversée, elle a témoigné de la pertinence de laboratoires virtuels et du réalisme des apprentissages faits lors de sorties à l'extérieur (par exemple : collecte de données en nature, activité mathématique à la grande roue de Montréal).

Hattie (2020) nous apprend que l'école postdésastre produit des taux de réussite plus élevés que la normale. Cela a été mesuré après le tremblement de terre en Haïti, les feux de forêt en Australie et le tsunami aux Philippines. Pourquoi? Ils font l'hypothèse qu'instinctivement les enseignants et enseignantes éduquent plus qu'ils ne qualifient, ils élaguent librement le contenu de leur matériel didactique, ils jugent plus qu'ils ne soustraient de points pour évaluer, ils encouragent plus qu'ils ne sermonent, ils dialoguent plus qu'ils n'exposent. Il faut espérer que cet effet enseignant perdure, car il y a plus qu'une cohorte d'élèves qui a subi les contrecoups des mesures sanitaires.

L'école et le cégep sont des lieux de rassemblement de notre jeunesse que la société doit appuyer. En organisant de telles rencontres, accSciences fait le pari qu'il est possible de tirer des leçons constructives et qu'en racontant nos expériences, nos actions deviendront plus efficaces.

Témoignages :

« Cette rencontre nous a permis de mettre un visage sur les enseignants et enseignantes du cégep, de les entendre et de connaître leurs questionnements, leurs attentes et leurs façons de faire. »

« J'ai trouvé cela très enrichissant non seulement pour la possibilité de discuter avec les enseignants et enseignantes du secondaire, mais aussi pour la possibilité de discuter avec d'autres enseignants et enseignantes de cégeps de la même discipline. »

« J'ai [aimé] pouvoir parler avec les profs du secondaire, et ainsi avoir toutes les nuances que des "résultats de sondage auprès de profs du secondaire" ne permettent pas d'amener. Les entendre exprimer ce qu'ils ont fait (ou non) en classe et comment ils perçoivent la préparation de leurs élèves m'a été grandement utile. »

La suite : l'enseignement des mathématiques

Afin de poursuivre les échanges, nous avons posé la question suivante : quels thèmes aimeriez-vous aborder lors d'une deuxième rencontre? Plusieurs idées ont été proposées : la création de groupes de discussion sur les contenus disciplinaires, les méthodes pédagogiques et d'évaluation, le niveau de rigueur demandé aux élèves; les attentes (scolaires et aptitudes), les différences et les similarités entre les deux niveaux d'enseignement; l'arrimage secondaire/collégial, les notions essentielles du point de vue des cégeps, la méthodologie utilisée en sciences au secondaire versus au collégial.

Une demande pour organiser une deuxième rencontre a ensuite été transmise par le CSSMB. L'objectif de cette rencontre visait à en savoir plus sur ce qui était attendu des élèves en mathématiques au collégial. La rencontre du 24 septembre 2021 a réuni une quarantaine de personnes provenant de différentes régions du Québec.

Les thèmes abordés lors des échanges :

- 1) Si j'avais 5 minutes en tête-à-tête avec un enseignant du secondaire pour lui parler des lacunes dans les savoirs (contenus qui sont abordés), les savoir-faire (exercices des élèves) et les savoir-être (attitudes des élèves).
- 2) Langage mathématique, rigueur et formalisme.
- 3) La place de la technologie dans l'apprentissage des maths.

Témoignages :

« Superbe façon de percevoir les lacunes entre les deux niveaux (secondaire et collégial). Être conscient des écarts et ouvrir la discussion. »

« Je crois qu'il serait pertinent d'avoir un comité de travail sur le développement de solutions. Un comité de travail composé d'enseignants et enseignantes et de conseillers pédagogiques des deux niveaux pour établir des parallèles entre les notions vues et des exemples de pratiques pédagogiques concrètes pour favoriser la transition. »

Bien que la rencontre ait pu soulever les différences dans la pratique des enseignants et enseignantes, c'est l'idée d'harmonisation qui en est ressortie. Tous et chacune conviennent que l'amélioration de la réussite des élèves qui vivront la transition secondaire/collégiale passera inévitablement par une plus grande harmonisation des pratiques. Il est nécessaire que les prochains échanges interordres deviennent des actions concrètes dans la pratique. Un sous-comité, composé d'enseignants, de conseillers pédagogiques des deux ordres ainsi que d'une chercheuse spécialiste en transition interordres dans l'enseignement des mathématiques est actuellement en processus de réflexion sur cet aspect.

En juin dernier, à la demande du collégial, nous avons réuni une petite communauté d'enseignants et enseignantes en mathématiques des deux ordres. Le but était d'avoir l'avis du secondaire sur le contenu de révision des premiers cours de la rentrée en mathématiques au cégep. Trois heures de discussions n'auront pas suffi, tellement les questions et commentaires étaient nombreux. La communauté de pratique se réunira à nouveau en novembre pour poursuivre les échanges.



Rencontre de juin 2022, communauté en mathématiques

Conclusion

Il en est ressorti de ces rencontres qu'il y a une faible connaissance des programmes et des pratiques d'enseignement d'un ordre à l'autre. C'est bien normal, les occasions de se rencontrer et d'échanger se font rares. Que le passage soit du secondaire au collégial ou du collégial à l'université, il y aura toujours une adaptation à faire en début d'année.

Le contexte pandémique nous aura permis de créer un lieu d'échanges susceptible de faciliter le passage d'un ordre à l'autre. Le personnel enseignant soucieux et bienveillant a besoin d'un lieu d'échanges pour assurer des transitions harmonieuses du secondaire au collégial.

Nous souhaitons poursuivre annuellement ces rencontres et garder une communauté bien active. Les contacts qui se créent entre les enseignants se poursuivent bien au-delà des rencontres et permettent des échanges fructueux.

Le besoin est réel, nous l'expérimentons en sciences, mais ces rencontres pourraient aussi avoir lieu dans d'autres domaines, en enseignement du français par exemple. Avec un bassin de douze cégeps publics et cinq centres de services scolaires sur le territoire montréalais, les possibilités sont nombreuses pour travailler ensemble aux transitions harmonieuses vers le collégial. ■



AURÉLIE
GAUTHIER-
HOULE



DOMINIC
HACHÉ



FRÉDÉRIC
PRUD'HOMME



HÉLÈNE
MATHIEU



MATHIEU
DUBREUIL-
COUSINEAU

RÉFÉRENCES

Ministère de l'Éducation. (2021). Apprentissages à prioriser à l'enseignement secondaire pour l'année scolaire 2021-2022 en contexte pandémique. Gouvernement du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/Guide-apprentissages-prioritaires-secondaire-2021-2022.pdf

Hattie, J. (2020). Visible learning effect sizes when schools are closed: What matters and what does not. *Corwin Connect*. <https://corwin-connect.com/2020/04/visible-learning-effect-sizes-when-schools-are-closed-what-matters-and-what-does-not/>

SUGGESTIONS DE LECTURE

Corriveau, C., Breuleux, A., Kobiela, M. et Oliveira, I. (2017). Projet ARIM [Actions et rapprochements interordres en mathématiques] : processus de rapprochement des pratiques d'enseignement de mathématiques pour favoriser un passage plus harmonieux pour les élèves lors de transitions scolaires (projet de recherche-action no 2017-PO-202613). http://www.frqsc.gouv.qc.ca/documents/11326/3897244/C.Coriveau_rapport_Projet-ARIM_PRS_2016-2017.pdf/2faf7bf7-f443-4*3d-a196-45fbd6*b40b2

Larose, S., Duchesne, S., Litalien, D., Denault A.-S. et Boivin, M. (2019). Adjustment trajectories during the college transition: Types, personal and family antecedents, and academic outcomes. *Research in Higher Education*, 60(5), 684-710.

L'interdisciplinarité en Sciences de la nature au collégial

PORTRAIT DES RAPPORTS QU'ENTRETIENNENT LES ENSEIGNANTS DE LA FORMATION SPÉCIFIQUE

Martin Lepage, Collège Laflèche et Alain Toutloff, retraité Cégep de l'Outaouais

Les étudiantes et étudiants inscrits dans le programme Sciences de la nature au collégial sont bien préparés aux études universitaires, mais leur savoir reste parcellisé et demeure difficile à mobiliser, notamment lorsqu'ils font face à des situations nouvelles (Éduconseil, 2014; MEES, 2016). Pourtant, même dans les versions révisées du programme (200.B0, 200.B1), la place de l'intégration et de l'interdisciplinarité demeure minime (Cormier, 2018; CSE, 1988; Garnier, 1998; Cantin et al., 1996) alors qu'une instance officielle telle que le Conseil supérieur de l'éducation continue de faire la promotion d'une approche interdisciplinaire (CSE, 2022). Mais au-delà des documents ministériels, qu'en est-il sur le terrain?

Dans le cadre d'une subvention du Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage (PAREA), nous avons récemment réalisé une étude (Lepage et Toutloff, 2021) ayant pour but de tracer un portrait des rapports qu'entretiennent les enseignants et enseignantes de la formation spécifique en Sciences de la nature avec l'interdisciplinarité. Il nous semble maintenant opportun de vous en exposer une partie des résultats obtenus. Ainsi, dans cet article, nous avons choisi de traiter des concepts suivants : l'intérêt des enseignants pour l'interdisciplinarité et l'identité professionnelle en lien avec l'interdisciplinarité.

De plus, nous présenterons six portraits types d'enseignants ou d'enseignantes en fonction de leur intérêt et de leur ouverture envers l'interdisciplinarité. Nous souhaitons finalement formuler quelques recommandations qui permettraient, selon nous, de créer des conditions favorables à plus d'interdisciplinarité ou, à tout le moins, qui encourageraient la mise en place de pratiques pédagogiques facilitant le décloisonnement disciplinaire.

L'interdisciplinarité et l'identité professionnelle

Qu'est-ce que l'interdisciplinarité?

L'interdisciplinarité n'est pas un concept récent (Lenoir, 1995), certains le faisant même remonter à l'Antiquité (Thompson Klein, 1998). À cette époque cependant, il ne s'agissait pas tellement de décloisonner les disciplines, mais plutôt d'assurer l'unité du savoir. Au Québec, le Rapport Parent (Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec, 1964) en faisait mention dès le début des années

1960. Plus récemment, le Conseil supérieur de l'éducation (1988, 2013) affirmait que l'interdisciplinarité pouvait servir à garantir que les programmes ne sont pas que des juxtapositions de cours.

Sur le plan pédagogique, les avantages de l'interdisciplinarité sont nombreux. Elle permettrait notamment le développement d'un meilleur sens critique et une meilleure intégration des apprentissages (Czerniak et Johnson, 2014) par le biais, notamment, d'une plus grande compréhension des objets complexes et d'une meilleure contextualisation des enjeux (Lowe, 2002; Simoneau et Paquette, 2014).

Par ailleurs, la problématique de la disparité des conceptions relatives aux différentes formes d'interdisciplinarité a déjà été documentée (Lebeaume et Hasni, 2008). Il nous apparaît être un enjeu essentiel d'établir une définition commune de **l'interdisciplinarité**. En fait, il existe différentes formes d'intégration des disciplines qui se déclinent par les termes suivants : pluridisciplinarité, interdisciplinarité, multidisciplinarité ainsi que transdisciplinarité. Les différences entre chacune sont parfois ténues et varient selon les publications. Nous avons fait le choix d'utiliser le terme interdisciplinarité. Nous considérons que ce terme est plus approprié. Selon la définition retenue, l'interdisciplinarité serait une approche qui sert à aborder des problématiques complexes par le biais d'un regard en surplomb plutôt que par la lentille d'une seule discipline. Selon Fourez (1998), une activité à caractère interdisciplinaire doit donc, minimalement, être conçue et réalisée en faisant intervenir au moins deux disciplines. L'apport majeur de l'interdisciplinarité résiderait dans l'obtention d'un nouveau point de vue, inusité et unique que procure cette collaboration de différentes disciplines, celles-ci interagissant dans la réciprocité et en

évitant la hiérarchisation. L'interdisciplinarité aurait ici l'avantage de générer un nouveau regard sur une problématique plutôt que de simplement juxtaposer les points de vue disciplinaires (CSE, 1988, 2013).

L'identité professionnelle

Issu de la sociologie du travail, le concept d'identité professionnelle est une construction qui permet de définir son appartenance à une sous-culture. C'est un construit évolutif, où s'entremêlent représentations personnelles, valeurs, subjectivité et intérêt personnel (Bridoux et al., 2018; de Hosson et al., 2015).

L'identité professionnelle nous semblait donc pouvoir être mise en relation avec l'intérêt pour l'interdisciplinarité. Par exemple, est-ce qu'une enseignante de sciences du collégial se perçoit d'abord comme une scientifique ou plutôt comme une enseignante? Et cette même enseignante, se considère-t-elle davantage comme une enseignante d'une discipline ou plutôt comme une enseignante plus généraliste, comme une enseignante de sciences?

Le concept d'identité professionnelle a servi d'angle pour aborder le rapport à l'interdisciplinarité. Il nous semblait en effet que plus un enseignant s'identifie à une position scientifique, moins grand serait son intérêt pour l'interdisciplinarité. À contrario, plus grande sera son identification à la position enseignante, plus grand sera son intérêt pour l'interdisciplinarité.

Résultats obtenus en lien avec l'intérêt pour l'interdisciplinarité et l'identité professionnelle

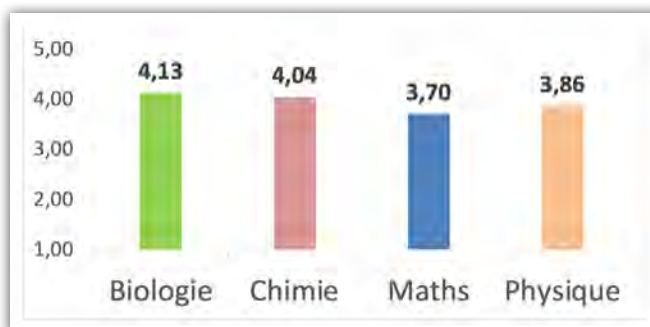
Les résultats obtenus proviennent de données quantitatives (235 répondants à un questionnaire en ligne), qui ont par la suite été nuancées par une phase qualitative (15 entretiens semi-dirigés).

Afin d'évaluer l'intérêt pour l'interdisciplinarité et la posture identitaire, deux indicateurs ont été utilisés, qui sont respectivement le score d'intérêt pour l'interdisciplinarité et le score identitaire.

a) Score d'intérêt pour l'interdisciplinarité

D'entrée de jeu, la grande majorité des personnes répondantes ont admis que l'interdisciplinarité était pertinente pour l'enseignement des sciences au collégial. Afin de quantifier cet intérêt pour l'interdisciplinarité, un score d'intérêt pour l'interdisciplinarité a été construit à l'aide de trois questions et sa valeur moyenne est de 3,92 sur 5. La discipline d'appartenance des personnes répondantes ainsi que le nombre de membres dans un département sont deux variables qui influencent l'intérêt pour l'interdisciplinarité.

En ce qui a trait d'abord aux disciplines, le graphique ci-dessous montre le score d'intérêt pour l'interdisciplinarité pour chacune des quatre disciplines principales de Sciences de la nature.



Graphique 1 : Scores d'intérêt pour l'interdisciplinarité selon la discipline (n = 220)

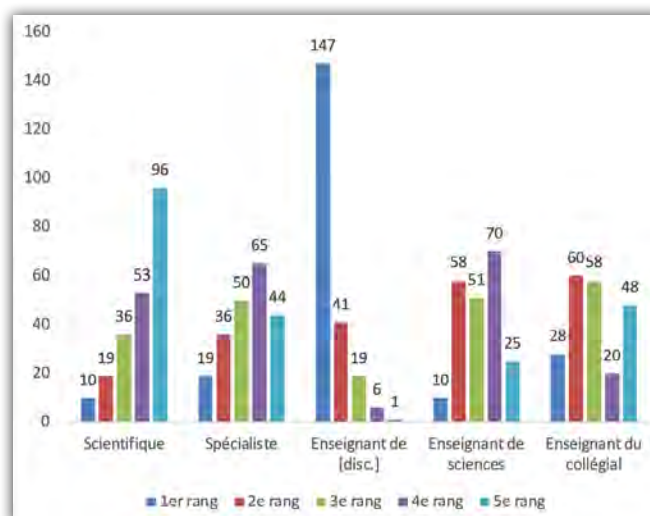
On observe que, pour les disciplines expérimentales, l'intérêt pour l'interdisciplinarité est relativement élevé, *physique* étant celle dont l'intérêt est le moins fort. Quant à elle, la discipline *mathématique* se retrouve au dernier rang. L'écart est statistiquement notable avec la *biologie* ($p = 0,034$).

Outre les disciplines, l'autre variable importante est la taille du département : l'intérêt pour l'interdisciplinarité est moins élevé dans les gros départements que dans les plus petits. Notre hypothèse est qu'une structure départementale plus lourde aurait peut-être tendance à atténuer la flexibilité requise pour s'adonner à des activités interdisciplinaires.

Toutes les autres variables étudiées (genre, années d'expérience, type de département, région, niveau de scolarité et diplôme en pédagogie) n'ont pas eu d'effet notable sur le score interdisciplinaire.

b) Posture identitaire

Par ailleurs, afin d'explorer les facettes de l'identité professionnelle, une question de classement a été posée aux personnes qui ont pris part à l'étude. Ainsi, il fallait placer en ordre décroissant de pertinence les 5 postures identitaires énumérées au graphique 2, en réponse à la question *Dans le cadre de mon travail au cégep, je me sens d'abord comme...*



Graphique 2 : Distribution des rangs accordés à chacun des énoncés de la question de classement (n = 214)

Ce graphique permet de dégager deux tendances très nettes. La première est que, parmi les 5 postures identitaires, celle qui est le plus souvent placée au premier rang (147 fois) est la posture correspondant à « enseignant de [discipline] ». Comme choix de 1^{er} rang, cette option dépasse largement les autres, la posture « enseignant du collégial » n'ayant été choisie que 28 fois. La posture identitaire « enseignant de [discipline] » se trouve donc dans une position à part, qui révèle sans équivoque une tendance marquée des enseignants et enseignantes à s'identifier à une posture qui regroupe à la fois la profession enseignante tout en étant liée à une discipline donnée. On constate donc une identification nettement prédominante au pôle enseignant plutôt que non enseignant. De plus, parmi les postures dites enseignantes, la majorité a opté pour celle associée à une discipline plutôt que celles plus généralistes « enseignant de sciences » ou « enseignant au collégial ».

À contrario, la posture identitaire ayant été le plus souvent assignée au dernier rang (5^e) est « scientifique » avec 96 mentions. Si des doutes persistaient quant à savoir si les enseignants de la formation spécifique adoptaient ou non une posture d'enseignant, les résultats sont clairs à cet égard.

Pour l'identité professionnelle, on observe que les mêmes variables, à savoir la discipline et le nombre de membres dans un département, démontrent des différences considérables.

En ce qui a trait à la discipline, les enseignants de mathématiques se démarquent des autres en ne s'identifiant pas aux postures qui contiennent le vocable « sciences » et « scientifique ». Au contraire, ils privilégient plutôt la posture « enseignant de [discipline] ».

Quant à la variable *Nombre de membres dans le département*, elle tend également à montrer un effet appréciable : plus grand est le nombre d'enseignants et d'enseignantes dans le département, moins ils s'identifient à la posture « enseignant de sciences », comme si le plus grand nombre favorisait une identification plus disciplinaire.

Portrait des enseignants dans leur rapport à l'interdisciplinarité

Au-delà des aspects quantitatifs, la phase qualitative nous révèle un portrait plus nuancé et qui met en lumière les différents types d'obstacles entravant le déploiement de davantage d'activités interdisciplinaires. Les résultats des entretiens menés avec 15 enseignants et enseignantes nous ont permis d'élaborer six portraits types d'enseignants en fonction de leur degré d'engagement dans des activités d'apprentissage à caractère interdisciplinaire : le *réfractaire*, le *désabusé*, l'*intéressé mais*, le *très intéressé mais*, le *proactif* et l'*instigateur* (figure 1).

Rappelons que ce continuum n'est pas élaboré dans le but de montrer ce qu'il faudrait faire. Ainsi, il importe de souligner que la posture adoptée par les chercheurs visait à comprendre pourquoi les personnes qui s'adonnent à l'interdisciplinarité le font et, à contrario, pourquoi celles qui ne s'y adonnent pas ne le font pas.

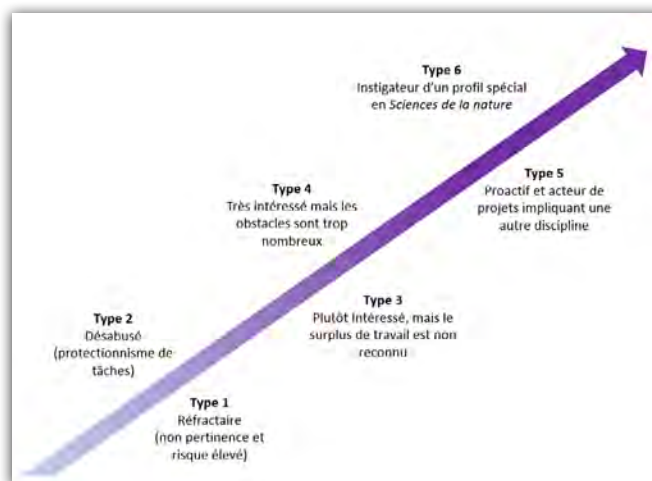


Figure 1 : Continuum illustrant la position relative des types selon leur niveau d'adhésion à l'interdisciplinarité.

Dans le type 1, l'enseignant affirme ne pas voir la pertinence des activités interdisciplinaires au niveau collégial. L'argument principal est que cet ordre d'enseignement constitue encore un endroit où les étudiants et étudiantes devraient acquérir les bases d'une discipline avant de tenter de mettre ces connaissances en application dans des situations plus complexes. Le type 2 représente un enseignant initialement très ouvert à l'interdisciplinarité, mais dont les échauffourées avec les autres départements ont eu raison de sa motivation à réaliser de telles activités. À l'autre bout du spectre, les types 5 et 6 ont non seulement réalisé des activités interdisciplinaires avec un ou des enseignants provenant d'une autre discipline, mais ils ont aussi mis sur pied un profil qui intègre des activités interdisciplinaires imbriquées sur l'ensemble du programme.

Les types 3 et 4 ont pour leur part fait ressortir les nombreuses embûches et les nombreux obstacles qui les ont soit ralentis, soit stoppés dans leur tentative d'élaborer une activité d'apprentissage à caractère interdisciplinaire. Ces écueils sont nombreux et surtout de nature très variée. Cela va de la structure de l'organisation du travail en départements distincts à la conception des finalités de l'éducation en sciences en passant par l'aménagement physique des lieux de travail et la non-reconnaissance dans la tâche du surcroît de travail engendré par de tels projets. Ce sont ces nombreux obstacles évoqués par des enseignantes et enseignants désireux de faire vivre davantage d'activités interdisciplinaires à leurs étudiants et étudiantes qui nous ont guidés dans l'élaboration des quelques recommandations qui suivent.

Recommandations pour créer des conditions favorables à l'interdisciplinarité

Dans la mesure où des enseignants accordent une valeur et une pertinence pédagogique à l'interdisciplinarité, il y aurait tout lieu de s'interroger à savoir quelles sont les conditions favorables à l'émergence de plus d'interdisciplinarité. Plusieurs

témoignages récoltés lors des entretiens ont souligné la richesse de ces rencontres, fortuites ou planifiées, qui ont conduit à des collaborations fécondes, autant pour les enseignants que pour les étudiants. C'est dans cette optique que nous présentons ci-dessous quelques recommandations issues des constats effectués à la suite de notre recherche. On y notera aussi des recommandations qui visent à faire connaître l'état de la recherche sur la question, ainsi que les réalisations de certaines équipes.

1. Reconsidérer les enjeux soulevés par les buts généraux du programme, en vue d'une appropriation collective de ces derniers par l'équipe programme.
2. Que les directions reconnaissent davantage l'importance de l'approche programme et favorisent celle-ci par des moyens concrets.
3. Que les conseillères et conseillers pédagogiques associés au programme Sciences de la nature, de concert avec les enseignants impliqués dans ce programme, s'approprient davantage le concept d'interdisciplinarité, de manière à faire circuler dans le réseau une définition plus consensuelle de celle-ci.
4. Approfondir les recherches, dans la continuité de l'idée précédente, sur le portrait type 6 afin d'identifier les conditions propres aux établissements qui ont vu naître entre leurs murs des initiatives à caractère interdisciplinaire plus élaborées.
5. Aménager les plages horaires pour que les enseignants désireux de travailler ensemble puissent disposer d'une période commune à cet effet.
6. Avoir le souci de maintenir le caractère volontaire de toutes ces mesures dans toutes les démarches en lien avec l'interdisciplinarité. Les enseignants et enseignantes doivent se sentir libres d'y adhérer.

Conclusion

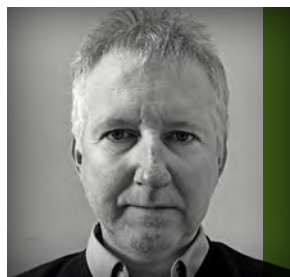
Notre étude nous a permis de constater que la majorité des enseignants sont ouverts à l'interdisciplinarité. En effet, les résultats sont plutôt clairs sur la question : il y a un intérêt et une ouverture envers l'interdisciplinarité, encore faudrait-il s'entendre sur une définition commune. La troisième recommandation exprime un besoin à cet égard.

Autant chez les enseignants favorables à l'interdisciplinarité que chez ceux qui ne le sont pas, on note une convergence quant à ce qui fait obstacle à plus d'interdisciplinarité. Les entretiens individualisés ont permis de recueillir les propos qui ont conduit à l'énumération plutôt exhaustive des obstacles se dressant sur le chemin de l'interdisciplinarité. De très nombreux irritants, qu'ils soient d'ordre administratif ou relevant de l'organisation du travail, ont été évoqués comme constituant des obstacles majeurs à une plus grande concertation des équipes enseignantes entre elles. La plupart de nos recommandations vont d'ailleurs dans le sens d'assouplir les contraintes d'ordre institutionnel de manière à fluidiser davantage les possibles

occasions de rencontres et de concertations entre enseignants désireux de concevoir des activités pédagogiques à caractère interdisciplinaire.

De plus, la question de l'identité professionnelle s'est avérée être une variable importante pour comprendre les dynamiques individuelles des enseignants et enseignantes dans leur parcours et leur cheminement en rapport avec l'interdisciplinarité. La discipline d'enseignement a un effet important, à la fois sur l'identité professionnelle et sur l'intérêt envers l'interdisciplinarité. Les enseignants ayant une posture plus généraliste « enseignant de sciences », plutôt que disciplinaire, composent mieux avec les exigences de souplesse de l'interdisciplinarité.

Si des postures plus disciplinaires existent bel et bien, peut-être faudrait-il davantage les considérer comme complémentaires aux postures dites plus généralistes. Ainsi, plutôt que d'adopter une position qui ferait la promotion de l'interdisciplinarité mur à mur, sans doute vaudrait-il mieux, selon nos résultats, reconnaître qu'il y a des profils d'enseignants qui composent moins bien avec cette approche. Ces profils dits davantage disciplinaires auront des intérêts plus focalisés sur leur discipline, assurant ainsi le maintien d'une certaine expertise résolument plus confinée à un champ disciplinaire précis. Finalement, comme le rappelle notre dernière recommandation, l'idée est de reconnaître la diversité des postures eu égard à l'interdisciplinarité, de voir les complémentarités possibles plutôt que les divergences, d'éviter une pression indue décriée par certains et d'ainsi respecter la liberté de chacun et de chacune dans son projet d'adhérer ou non à des approches interdisciplinaires. ■



MARTIN
LEPAGE



ALAIN
TOUTLOFF

RÉFÉRENCES

- Bridoux, S., de Vleeschouwer, M., Grenier-Boley, N., Khanfour-Armalé, R., Lebrun, N., Mesnil, Z. et Nihoul, C. (2018). *L'identité professionnelle des enseignants-chercheurs en mathématiques, chimie et physique*. EMF. https://www.researchgate.net/publication/354403937_L%27IDENTITE_PROFESSIONNELLE_DES_ENSEIGNANTS-CHERCHEURS_EN_MATHEMATIQUES_CHIMIE_ET_PHYSIQUE
- Cantin, R., Lacasse, D. et Roy, L. (1996). *Intégration d'approches par problèmes en sciences*. Phase I : activité de synthèse. http://www.cdc.qc.ca/parea/720454_cantin_activite_synthese_rimouski_PAREA_1996.pdf
- Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec. (1964). *Rapport Parent. Tome II - Les structures pédagogiques du système scolaire*. <http://dx.doi.org/doi:10.1522/cla.com.rap3>
- Conseil supérieur de l'éducation. (1988). *Du collège à l'université : l'articulation des deux ordres d'enseignement supérieur*. <https://www.cse.gouv.qc.ca/publications/college-a-luniversite-50-0364/>
- Conseil supérieur de l'éducation. (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire*. <https://www.cse.gouv.qc.ca/publications/science-technologie-primaire-secondaire-50-0481/>
- Conseil supérieur de l'éducation. (2022). *Formation collégiale : expérience éducative et nouvelles réalités*. <https://www.cse.gouv.qc.ca/publications/experience-educative-nouvelles-realites-50-0553/>
- Cormier, C. (2018). Sciences de la nature au collégial. Une révision de programme nécessaire, mais qui ne se fera pas sans embûches. *Pédagogie collégiale*, 31(4), 34-36.
- Czerniak, C. M. et Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. Dans N. G. Lederman et S. K. Abell (Dir.), *Handbook of Research on Science Education* (p. 395-411). Routledge.
- Fourez, G. (1998). Se représenter et mettre en œuvre l'interdisciplinarité à l'école. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(1), 31-50.
- Garnier, F. (1998). L'intégration des apprentissages en Sciences de la nature. Dans *les Actes du 18^e Colloque annuel de l'Association québécoise de pédagogie collégiale* (p. 10).
- Lebeaume, J. et Hasni, A. (2008). Réformes curriculaires et interdisciplinarité en France et au Québec. Dans A. Hasni et J. Lebeaume (Dir.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (p. 11-16). Éditions du CRP-INRP.
- de Hosson, C., Décamp, N., Morand, É. et Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *Recherches en didactiques des sciences et des technologies*, 11, 161-196.
- Lenoir, Y. (1995). L'interdisciplinarité : aperçu historique de la genèse d'un concept. *Cahiers de la recherche en éducation*, 2(2), 227-265.
- Lepage, M. et Toutloff, A. (2021). *Étude des rapports à l'interdisciplinarité d'enseignants de Sciences de la nature*. Rapport de recherche PAREA.
- Lowe, A. (2002). La pédagogie actualisante ouvre ses portes à l'interdisciplinarité scolaire. *Éducation et francophonie*, 30(2), 220-240.
- Simoneau, I. L. et Paquette, C. (2014). *Simulation Pédagogie par la simulation clinique haute fidélité dans la formation collégiale en santé*. Rapport de recherche. [788796-simoneau-paquette-pedagogie-simulation-clinique-formation-collegiale-sante-sherbrooke-PAREA-2014.pdf \(cdc.qc.ca\)](https://www.cdc.qc.ca/parea/788796-simoneau-paquette-pedagogie-simulation-clinique-formation-collegiale-sante-sherbrooke-PAREA-2014.pdf)
- Thompson Klein, J. (1998). L'éducation primaire, secondaire et postsecondaire aux États-Unis : vers l'unification du discours sur l'interdisciplinarité. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(1), 51-74.

La réalité virtuelle pour mieux apprendre les sciences

DES SCÉNARIOS PÉDAGOGIQUES FAVORISANT LA MOTIVATION, L'ENGAGEMENT ET LE *FLOW*

Christine Marquis, Cégep de Saint-Jérôme, Bruno Poellhuber, Université de Montréal et Sébastien Wall-Lacelle, Cégep de Saint-Jérôme

Rêvez-vous de faire réaliser à vos étudiants et étudiantes un laboratoire sur l'évolution qui s'échelonnerait sur des millions d'années? Aimeriez-vous leur faire utiliser un appareil de HPLC (chromatographie liquide haute performance)? Que diriez-vous qu'ils se plongent dans une cellule afin d'y réaliser la synthèse d'une protéine? Si vous avez répondu par l'affirmative à l'une de ces questions, le projet de recherche que nous déployons dans une université et six cégeps afin de favoriser l'élaboration de scénarios pédagogiques intégrant de la réalité virtuelle dans les cours de sciences a toutes les chances de vous intéresser.

Différentes problématiques liées à l'enseignement et à l'apprentissage des sciences telles que la nature abstraite des concepts scientifiques (Johnstone, 1991), le manque de contextualisation des concepts abordés dans le cours (Osborne et Dillon, 2008) ainsi que la prédominance d'approches d'enseignement orientée vers la transmission plutôt que sur la construction des connaissances (Rosenfield et al., 2005) nous ont amenés à envisager les avantages qu'offre la réalité virtuelle. Ainsi, notre projet de recherche orientée par la conception (design-based research) vise à explorer le potentiel pédagogique et didactique de scénarios pédagogiques intégrant des simulations en réalité virtuelle pour l'apprentissage des sciences au postsecondaire. Il est réalisé par une équipe de 5 chercheurs, 7 conseillers pédagogiques et 39 enseignants de 2 universités et 6 cégeps. Les résultats ont montré que de tels scénarios pouvaient avoir des impacts positifs sur la motivation et l'engagement scolaires ainsi que sur le flow (état de flux), qui se caractérise notamment par une expérience de bien-être, l'absence de préoccupation à propos de soi, et une intense concentration (Csikszentmihalyi, 1997).

Les perspectives offertes par la réalité virtuelle pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences

Plusieurs définitions sont évoquées dans la littérature scientifique au sujet de la réalité virtuelle. Dans leur recension des écrits, Pellas et ses collaborateurs (2020) définissent la réalité virtuelle comme un environnement généré par un système informatique, donnant une impression de réalité, de présence spatiale et d'engagement. Certaines caractéristiques clés décrivent l'expérience qu'offre la réalité virtuelle, soit l'immersion, la présence et l'interactivité.

On peut distinguer trois types de réalité virtuelle : la réalité virtuelle sur ordinateur (RVO), la réalité augmentée (RA) et la réalité virtuelle immersive (RVI). La RVO, qui exploite des applications en 2D sur un écran d'ordinateur, se distingue généralement par son niveau d'immersion plus faible. La RA, qui fait appel à la superposition d'éléments virtuels sur des éléments réels, présente un niveau moyen d'immersion. La RVI, quant à elle, qui nécessite l'utilisation de casques de réalité virtuelle, présente le plus haut niveau d'immersion pour l'utilisateur.

La réalité virtuelle offre de nombreuses avenues pour l'éducation. Dalgarno et Lee (2010) identifient cinq affordances d'apprentissage des environnements virtuels d'apprentissage 3D (figure 1).

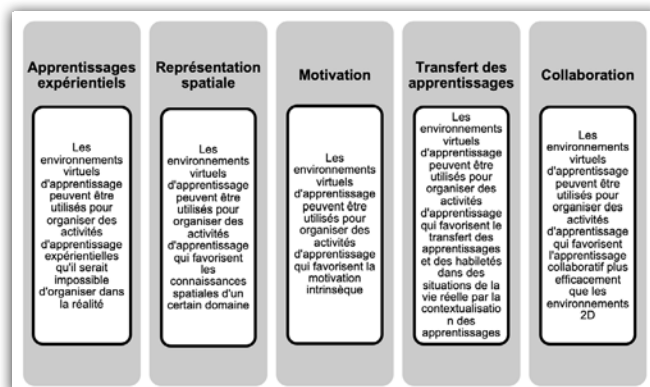


Figure 1 : Les affordances d'apprentissage des environnements virtuels 3D selon Dalgarno et Lee (2010)

Selon ces auteurs, la réalité virtuelle permet de réaliser des apprentissages expérientiels tels que des expérimentations qu'il est difficile ou impossible de faire dans la réalité. Par exemple, on peut manipuler des objets dans des environnements dangereux de manière sécuritaire ou encore s'initier à des appareils qui seraient trop coûteux pour les laboratoires (Lewis et al., 2021). De la même façon, elle permet de s'adapter à différentes échelles de grandeur (comme l'infiniment petit et l'infiniment grand) et d'accéder à des concepts ou phénomènes abstraits imperceptibles à l'aide des sens (Winn, 1993).

De plus, ces environnements peuvent aider les étudiants et étudiantes à se représenter des concepts abstraits, grâce à l'interaction avec des objets dans l'environnement 3D. La représentation spatiale qu'offre la RV par la modélisation 3D ainsi que la possibilité de voir ces objets sous plusieurs angles peuvent certainement aider des apprentissages, en particulier ceux où les habiletés spatiales ont de l'importance, comme la visualisation de molécules.

La réalité virtuelle peut aussi aider les équipes enseignantes à proposer des activités d'apprentissage engageantes qui favorisent la motivation intrinsèque en raison de la possibilité de faire des choix dans l'environnement, des approches souvent basées sur le jeu, du haut degré de concentration ou encore qui suscitent un état de *flow* (Csikszentmihalyi, 1997).

Par ailleurs, grâce à la contextualisation qu'elle permet, la RV contribue à proposer des activités d'apprentissage significatives, favorisant ainsi le transfert des apprentissages. En effet, elle permet de situer les apprentissages dans un contexte authentique en offrant des environnements interactifs et réalistes, ce qui peut contribuer à la réutilisation des connaissances dans d'autres contextes. Par exemple, les étudiants pourraient se plonger physiquement dans un lieu où il y a un problème environnemental et ensuite se déplacer dans un laboratoire pour y réaliser des analyses en vue de trouver une solution.

Enfin, certains environnements virtuels d'apprentissage multijoueurs favorisent des apprentissages collaboratifs en permettant l'interdépendance positive de sorte que chaque membre de l'équipe contribue à l'atteinte de l'objectif final.

Ces possibilités nous ont amenés à nous questionner relativement aux possibilités de l'utilisation de la réalité virtuelle pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences en considérant certaines problématiques soulevées plus tôt.

Notre projet de recherche

Notre recherche porte sur les scénarios pédagogiques intégrant la RV plutôt que sur les applications de RV elles-mêmes, car la littérature scientifique démontre que l'encadrement et la scénarisation pédagogiques sont liés à l'engagement et à l'apprentissage (Merchant et al., 2014). Il ne s'agit donc pas seulement d'utiliser l'outil dans son cours, mais plutôt de

l'intégrer dans un scénario pédagogique qui permettra aux étudiants d'en retirer le maximum de bénéfices pédagogiques. Pour ce faire, l'équipe a développé le gabarit présenté à la figure 2, fondé sur le modèle de NLN/Jeffries (2012) pour les simulations en soins infirmiers. Ce gabarit permet de détailler chacune des étapes d'un scénario pédagogique complet :

- Le *pré briefing*, qui correspond aux activités de préparation et d'activation des connaissances antérieures;
- Le *briefing*, où sont données les instructions afin d'assurer le bon déroulement du scénario pédagogique;
- Le déroulement de la simulation;
- Le *debriefing*, qui vise une réflexion guidée à propos de la simulation réalisée à travers l'analyse et la synthèse.

Les enseignants et enseignantes élaborent un scénario pédagogique intégrant une simulation de réalité virtuelle avec un conseiller ou une conseillère pédagogique et expérimentent ce scénario en classe. Le gabarit s'est avéré très utile pour amener les équipes à planifier différentes activités à chacune des étapes du déroulement du scénario pédagogique. Il les incite à alterner entre le travail individuel, le travail d'équipe et le travail en grand groupe, à réfléchir aux activités réalisées hors classe ou en classe, et à intégrer l'apprentissage actif et l'apprentissage collaboratif.

Planification d'un scénario pédagogique						
Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing						
Briefing						
Simulation						
Débriefing Description						
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse						

Figure 2 : Gabarit proposé pour la scénarisation pédagogique

La figure 3 illustre l'apparence des simulations virtuelles Labster utilisées pour le volet RVO du projet (<https://www.labster.com/simulations/hplc/>). Ces simulations se présentent sous forme de jeux de rôles ou de missions dans lesquelles certains problèmes doivent être résolus en répondant à des questions ou en réalisant certaines analyses avec les instruments de laboratoire spécialisés associés au domaine du problème. Dans l'exemple illustré plus bas, l'étudiant doit choisir les phases stationnaires et mobiles de son HPLC avant de procéder à la séparation des composants d'un médicament.

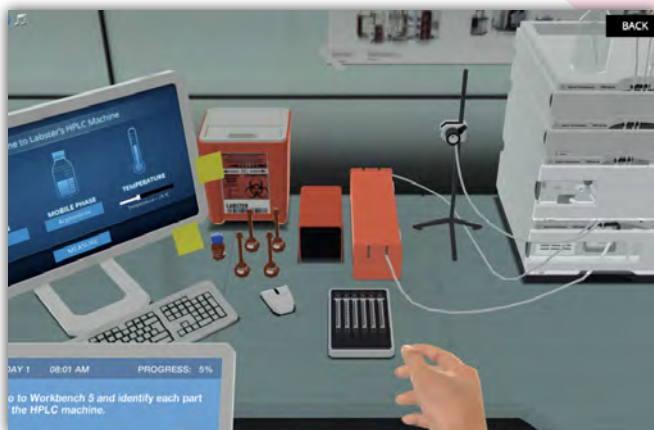


Figure 3 : Capture d'écran de la simulation virtuelle Labster HPLC

Notre recherche, qui suit une méthodologie de type recherche orientée par la conception, implique une collecte de données quantitatives (questionnaires) et qualitatives (entrevues) auprès de plus de 45 enseignants et enseignantes et 6 500 étudiants et étudiantes.

Les principaux constats issus des premières itérations du projet

L'importance du scénario pédagogique

Les résultats des deux premières itérations portant sur le volet RVO avec les simulations Labster laissent présumer de l'importance de la qualité des scénarios élaborés par le personnel enseignant. En effet, nos résultats quantitatifs préliminaires nous laissent croire qu'en général, les scénarios pédagogiques plus élaborés obtiennent des résultats plus élevés pour les différentes échelles liées à l'intérêt, à la motivation et à l'engagement scolaires. Des analyses quantitatives sophistiquées (analyses multiniveaux) confirment l'importance de la qualité du scénario pédagogique pour l'engagement affectif des étudiants et étudiantes.

Dans ce contexte d'intégration de simulations en RVO dans des scénarios pédagogiques élaborés par les enseignants, certains éléments de ces scénarios sont davantage appréciés par les étudiants, éléments que nous pouvons regrouper sous quatre thèmes :

- Préparation préalable (*pré briefing*)
- Familiarisation et consignes présentées adéquatement (*briefing*)
- Encadrement durant la simulation (déroulement)
- Retour sur la simulation (*debriefing*)

Par ailleurs, les étudiants soulignent l'absence de ces éléments comme étant des points faibles des scénarios pédagogiques.

De leur côté, les enseignants soulignent que le choix des activités incluses dans le scénario ainsi qu'une préparation

adéquate des étudiants à la simulation s'avèrent des forces de leurs scénarios. Par contre, le retour sur la simulation était souvent un point du scénario à améliorer.

En lien avec le modèle théorique mobilisé pour la scénarisation pédagogique, ces constats nous amènent à évoquer une première implication pour l'enseignement.

Implication 1 :

Une utilisation optimale de la réalité virtuelle pour l'enseignement des sciences implique l'élaboration de scénarios pédagogiques soigneusement planifiés pour chacune des étapes du scénario. Dans son scénario, un enseignant devrait rendre les étudiants actifs, entre autres, en leur proposant de faire une préparation adéquate, qui peut nécessiter par exemple un retour sur les connaissances antérieures (*pré briefing*) et des consignes permettant de les orienter avant la simulation (*briefing*), en offrant un encadrement durant la simulation et en prévoyant un retour sur la simulation, ainsi que des contextes de réutilisation des connaissances (*debriefing*).

Les avantages perçus de la RVO

À la suite de leur expérience avec la RVO, les enseignants et les étudiants ont relevé un grand nombre d'avantages pédagogiques des simulations proposées. Les avantages présentés au tableau 1 nous amènent à formuler une deuxième implication pour la pratique.

Tableau 1 : Avantages de la RVO perçus par les enseignants et les étudiants

Avantages perçus	Description
Diversification des méthodes pédagogiques	Offre une avenue différente pour enseigner et pour apprendre.
Visualisation	Permet de se représenter des concepts abstraits, invisibles.
Consolidation des apprentissages	Permet de mieux comprendre des contenus qui ont déjà été enseignés, notamment par la répétition.
Introduction des contenus théoriques	Sert à présenter les concepts qui seront enseignés plus explicitement par la suite.
Contextualisation des apprentissages	Permet d'amener un contexte aux apprentissages scientifiques.
Préparation de laboratoire améliorée	Permet de bien se préparer avant les labos, de bien comprendre les étapes, la fonction des instruments, ce qui réduit le stress.
Aspect ludique des simulations	Propose un avantage pédagogique en raison de son aspect amusant et plaisant.

Implication 2 :

Un enseignant en sciences peut utiliser des scénarios intégrant la RVO (par exemple avec les simulations Labster) dans le but de diversifier ses méthodes d'enseignement, de contextualiser les apprentissages et de permettre la visualisation de concepts

abstrait, des éléments ciblés comme problématiques dans l'enseignement des sciences.

Les effets sur la motivation, l'intérêt, l'engagement et le *flow*

L'analyse quantitative des questionnaires remplis par les étudiants montre des effets notables sur plusieurs fronts. L'ensemble des échelles mesurant l'intérêt, la motivation, l'engagement, le *flow*, l'acceptation et la perception de valeur ont affiché des scores très hauts. De ces résultats, cinq principaux constats émergent :

- Les étudiants et étudiantes ont une perception très positive de l'utilisation de ces simulations, avec une moyenne très élevée à la question « Dans quelle mesure votre expérience à la RV a-t-elle été négative (1) ou positive (7)? ».
- Les étudiants et étudiantes voient deux composantes principales à la valeur de ces simulations, soit une composante utilitaire et une composante affective. Bien que ces deux perceptions affichent des résultats très hauts, la perception affective affiche un résultat légèrement plus haut.
- Les échelles de plaisir, de perception d'apprentissage, d'intérêt, de *flow* et d'engagement affectif affichent toutes des résultats particulièrement élevés.
- L'utilisation des simulations dans certains cours généralement associés à un intérêt moins élevé chez les étudiants et étudiantes a mené à une hausse significative de leur intérêt.

Ainsi, en plus de montrer que les simulations en RVO sont généralement grandement appréciées des étudiants, nos résultats conduisent à penser que ces simulations ont le rare potentiel de les engager sur les plans tant cognitif qu'affectif. Ainsi, elles s'avèrent être un outil prometteur afin de remédier aux problématiques évoquées en introduction.

Implication 3 :

Un enseignant en sciences a intérêt à utiliser des scénarios pédagogiques misant sur la RVO pour procurer une expérience immersive qui favorise l'intérêt et l'engagement affectif, ainsi que la perception de valeur de la tâche. Peu de méthodes ou d'outils le permettent.

Vers la réalité virtuelle immersive en classe

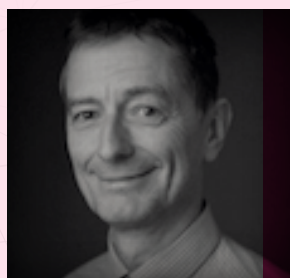
Différents enjeux pouvant affecter la motivation scolaire ainsi que l'apprentissage des sciences tels que le niveau d'abstraction des concepts (qui sont souvent imperceptibles à l'aide des sens), le manque de contextualisation de ces concepts et des approches d'enseignement souvent fortement magistrocentrées nous ont amenés à envisager que la réalité virtuelle (sur ordinateur et immersive à l'aide de casques de réalité virtuelle) pourrait apporter de nombreux avantages relativement à ces enjeux.

Notre recherche permet jusqu'à maintenant d'amorcer la mise en évidence du potentiel pédagogique de la RVO pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences. En effet, les simulations utilisées dans le cadre du volet RVO présentent des avantages perçus à la fois par les étudiants et les enseignants, simulations qui sont très arrimées aux problématiques décrites plus tôt soit la visualisation, la contextualisation des apprentissages ainsi que la diversification des méthodes pédagogiques. Bien que les simulations utilisées puissent apparaître comme étant complètes sur le plan pédagogique (mise en situation, questions, manipulations), elles doivent être intégrées dans des scénarios pédagogiques relativement élaborés afin que les bénéfices pour l'apprentissage soient maximisés. Enfin, les scénarios pédagogiques intégrant les simulations amènent aussi des avantages en ce qui a trait, notamment, à la perception de plaisir, à la perception d'apprentissage, à l'intérêt, au *flow* et à l'engagement affectif.

Nous nous affairons présentement à explorer le potentiel de la RVI (avec casque RV). Nous avons, pour ce volet, établi une liste de critères de qualité pour une application éducative en RVI (à paraître). De plus, une première expérimentation exploratoire nous laisse croire que certaines des caractéristiques propres à la RVI pourraient être avantageuses pour l'apprentissage. Nous souhaitons, à la session d'automne 2022, déployer un dispositif méthodologique semblable à celui décrit plus haut dans des groupes où les enseignants feront vivre à leur groupe une application RVI dans un casque, application qui sera encadrée par un scénario pédagogique. ■



CHRISTINE
MARQUIS



BRUNO
POELLHUBER



SÉBASTIEN
WALL-LACELLE

RÉFÉRENCES

- Csikszentmihalyi, M. (1997). Flow and education. *NAMTA journal*, 22(2), 2-35.
- Dalgarno, B. et Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Jeffries, P. R. (2012). *Simulation in nursing education: From conceptualization to evaluation*. National League for Nursing. <https://books.google.ca/books?id=f87EMQEACAAJ>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Lewis, F., Plante, P. et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, 5, 11-27.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. et Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Osborne, J. et Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). The Nuffield Foundation.
- Pellas, N., Dengel, A. et Christopoulos, A. (2020). A scoping review of immersive virtual reality in STEM education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Rosenfield, S., Dedic, H., Dickie, L., Rosenfield, E., Aulls, M., Koestner, R., Krishtalka, A., Milkman, K. et Abrami, P. (2005). *Étude des facteurs aptes à influencer la réussite et la rétention dans les programmes de la science aux cégeps anglophones*. Vanier College.
- Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational applications of virtual reality*. (Technical Publication R-93-9; Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology Center). University of Washington. <http://www.hitl.washington.edu/research/education/winn/winn-paper.html~>



Voici des **ressources gratuites** pour enseigner la **science du climat**.

Obtenez-les maintenant

parlons  sciences

Une méthode pour enseigner la méthode

ABORDER LES ENJEUX SOCIOSCIENTIFIQUES AFIN DE DÉMYSTIFIER LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Frédéric Parrot et Caroline Dupont, Cégep de Sainte-Foy

Les enjeux socioscientifiques nous touchent au quotidien en tant que citoyennes et citoyens. L'électrification des transports, l'encadrement de la pêche commerciale ou l'utilisation de pesticides en agriculture sont autant de thématiques qui soulèvent des questions complexes reposant sur des notions scientifiques en évolution. Afin d'outiller les étudiantes et étudiants du programme Sciences de la nature à répondre à de telles questions, nous offrons depuis plusieurs années un cours articulé autour de tels enjeux. Le cours *Environnement* permet de vivre la science comme une méthode plutôt que comme une somme de connaissances. Par le fait même, sa structure ouvre la voie pour expérimenter des méthodes d'évaluation peu courantes dans les cours de sciences au collégial, comme l'évaluation du processus.

Mieux comprendre les mécanismes et les frontières de la science

Aller au-delà des « sciences exactes »

Au cours des deux dernières années et demie, la Science – avec son imposante majuscule – s'est retrouvée sur la sellette dans les médias. Pour gérer la pandémie, le politique a affirmé, répété et martelé qu'il « écoutait la Science ». Une Science qui s'est révélée, au grand étonnement de plusieurs, parfois hésitante et controversée, souvent entachée d'incertitude et toujours évolutive. Assistait-on en direct à l'érosion des certitudes scientifiques parce que des faits contradictoires étaient publiés périodiquement pendant qu'on dévoilait l'intimité de SARS-CoV-2 et qu'on s'intéressait à des nouveautés comme l'efficacité de l'utilisation généralisée du port du masque d'intervention? Dans ce contexte, certains ont remis en doute la pertinence de la science dans la gestion de crise. Quelle légitimité les scientifiques avaient-ils (virologues, infectiologues, immunologistes, psychologues, etc.) à prendre publiquement la parole pour influencer les décisions politiques si la Science était aussi subjective que le point de vue de n'importe quelle blogueuse, de n'importe quel commentateur de l'actualité? Pour une frange de la population, la Science semblait ne devoir exister que si elle énonçait des vérités absolues. Et puisque, visiblement, elle ne le faisait pas, elle était condamnée à la faillite et au silence.

À notre avis, cette *crise de la science* découle d'abord d'une mauvaise compréhension de ce qui caractérise l'activité scientifique. La science est trop souvent vue comme une somme

de connaissances vérifiables, vérifiées et par conséquent, immuables. La Terre est ronde. $F = m \cdot a$. Un système chimique à l'équilibre s'oppose partiellement à une modification qu'on lui impose. Mais si elle est *perçue* ainsi, c'est que nous, enseignantes et enseignants, la dépeignons fréquemment comme telle devant nos classes (Fisher, 2011). Nous demandons généralement à nos étudiantes et étudiants de résoudre des problèmes simples, c'est-à-dire des problèmes qui, aussi compliqués soient-ils, n'admettent qu'une seule (bonne) réponse. Alors que la réalité est foncièrement complexe et appelle des réponses multiples et nuancées.

Afin de révéler cette science en action, cette science de terrain, nous avons développé un cours facultatif structuré sur le modèle des îlots de rationalité interdisciplinaires (Pouliot et Groleau, 2011) dans lequel un enjeu socioscientifique d'actualité devient le sujet d'étude commun à toute la classe. La construction d'un îlot de rationalité interdisciplinaire est une méthode pédagogique qui permet de répondre à la question « de quoi s'agit-il? » au sujet d'une question controversée. Très brièvement, l'exercice consiste à recueillir suffisamment d'information crédible sur un sujet pour prendre position de manière éclairée.

Miser sur la multidisciplinarité et le jugement de valeur

Le cours s'adresse à des étudiantes et étudiants collégiaux de deuxième année en Sciences de la nature. Chaque session, le duo d'enseignantes ou d'enseignants titulaires du cours choisit un enjeu d'actualité. Les titulaires appartiennent à deux disciplines

distinctes du programme (biologie et chimie ou physique). Dans tous les cas, l'enjeu conduit les étudiantes et étudiants, au terme d'une démarche de recherche encadrée s'échelonnant sur 14 semaines, à produire un texte argumentatif dans lequel ils doivent prendre position de manière éclairée. Cette prise de position peut prendre la forme d'une recommandation ou d'un réquisitoire « pour » ou « contre » la réalisation d'un projet. Dans les années passées, les étudiantes et étudiants ont par exemple dû se prononcer en faveur ou en défaveur de la construction de l'oléoduc Énergie Est de TransCanada ou présenter deux recommandations afin de diminuer les impacts environnementaux négatifs causés par les activités agricoles et agroalimentaires au Québec.

Voici un extrait de la consigne remise à la session d'automne 2020 pour le texte argumentatif en lien avec les activités agricoles et agroalimentaires au Québec :

« La réflexion prend la forme d'une présélection de recommandations et d'arguments à l'aide des fiches synthèses produites par toutes les équipes de la classe. Puis, en faisant preuve de jugement, vous sélectionnez deux recommandations et, pour chacune de celles-ci, deux arguments qui l'appuient. Afin de démontrer votre esprit critique, vous choisissez également un argument en défaveur de votre recommandation, que vous devrez réfuter par un troisième argument favorable. De plus, vous associez à chacun des arguments un exemple permettant d'illustrer vos propos. »

On remarque qu'aucune discipline scientifique n'est imposée dans le traitement du sujet. Imaginé comme une initiation au décloisonnement qu'exigera l'épreuve synthèse de programme, le cours mise sur la nature multidisciplinaire des problématiques soulevées pour en forcer une analyse intégrée. Une analyse qui, selon la définition du développement durable, va jusqu'à englober des considérations économiques et sociales. Dans ce contexte, les enseignantes et enseignants incarnent moins des spécialistes de contenu que des mentors, des guides dont le rôle est d'aider les étudiants et étudiantes à naviguer dans la littérature scientifique. Les tâches principales des apprenants et apprenantes sont de trouver l'information, de juger de sa crédibilité et de sa pertinence, puis de l'analyser dans un but précis. Bref, il s'agit précisément d'atteindre la compétence visée par le cours, soit « Appliquer une démarche scientifique dans un domaine propre aux sciences de la nature ».

Cette étude d'enjeux socioscientifiques démontre par ailleurs que les sciences de la nature ne sont pas des vases clos. Les avis des scientifiques n'ont d'ailleurs généralement pas d'impacts sociaux réels tant qu'ils n'ont pas été entérinés par la sphère politique – il suffit de penser aux rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour s'en convaincre.

La démarche proposée appelle aussi les étudiantes et étudiants à exercer un jugement de valeur – nous entendons l'exercice de ce jugement comme « une prétention à définir ce que nous estimons être le bien pour tous » (Corbeil, 2016). Si l'on relit

la consigne citée plus haut, on note : « [...] en faisant preuve de jugement, vous sélectionnez deux recommandations [...] ». Cette invitation au *jugement* peut paraître étonnante dans un cours de science, mais elle est en adéquation avec la position que les personnes diplômées auront à adopter dans leur profession. De plus, elle permet la prise en charge de l'un des buts du programme actuel et d'une des compétences communes de la formation collégiale. En effet, dans le programme de science, sous « Définir son système de valeurs », on trouve que « l'élève doit :

reconnaître et choisir ses valeurs personnelles;

se référer à des considérations éthiques et à son système de valeurs dans sa prise de décision et le choix de ses comportements ».

Dans la description de la compétence commune de la formation collégiale « Exercer son sens des responsabilités », on lit :

« Il [l'élève] fait preuve d'éthique et d'intégrité, exerce son jugement critique et s'engage pleinement sur les plans personnel, social et professionnel. » (MEES, 2016)

Finalement, dans la rédaction d'un texte argumentatif, les étudiants et étudiantes réinvestissent des habiletés développées dans les cours de philosophie, notamment leur capacité à distinguer des faits, des idées, des affirmations et des arguments.

C'est donc avec l'ambitieux projet de préparer les étudiantes et étudiants à adopter des positions argumentées et nuancées sur des enjeux socioscientifiques que le cours a été imaginé. Voyons maintenant par quels moyens concrets nous entendons atteindre cette cible.

Enseigner la démarche scientifique : une méthode pour enseigner la méthode

Miser sur le processus

La démarche scientifique est en soi un *processus*, une méthode itérative qui implique de faire des choix en laissant une place à l'erreur. Les activités pédagogiques qui visent à faire vivre cette démarche devraient donc s'inscrire dans la durée et mobiliser le groupe. Pour atteindre ces objectifs, nous proposons la réalisation d'un seul projet d'envergure pour l'ensemble du cours et planifions l'échéancier de manière telle que la structure globale de la session reproduit les grandes étapes de la démarche scientifique et celles des îlots de rationalité interdisciplinaires (figure 1).

Les étudiantes et étudiants ont ainsi l'occasion d'entreprendre une démarche de recherches ou d'expérimentations qui les amène à poser différentes questions et à déployer les moyens nécessaires pour y répondre. L'ampleur du projet requiert une collaboration en équipe. Durant la session, de petits groupes de trois ou quatre personnes traitent d'un aspect particulier de la

Sem.	DÉMARCHE SCIENTIFIQUE	ILOTS DE RATIONALITÉ	ÉTAPES DU COURS	TRAVAIL D'ÉQUIPE
1			Formation des équipes «Team-dating»	Portrait de l'équipe Fiches de membres : Profil des étudiants, disponibilités, etc.
2	Problème posé	Cliché Schéma de concepts : Connaissances, opinions, questions, etc.	Représentation initiale du sujet Perception individuelle Perception de l'environnement immédiat	Contrat d'équipe : Engagement, rôles et responsabilités.
3	Hypothèses	Panorama Liste de paramètres : Acteurs, normes, enjeux, valeurs, etc.	Vue d'ensemble élargie du sujet Ensemble des paramètres à considérer	Suivi de l'équipe Journal de bord : Travaux consignés en temps réel Échéancier mis à jour
	Activités de recherche			
5	Observation Expérimentation Documentation Modélisation	Clôture de la démarche Plan d'action : Objectifs, tâches, ressources, rôles, échéancier Fiches témoins : Lectures, entrevues, cours, conférences d'experts, visites, etc.	Traitement du sujet - restreint Délimitation et planification du projet Collecte et analyse d'informations	Comptes rendus de rencontres : Discussions, orientations, décisions, partage des tâches, échéances, etc.
	Résultats			Mise au point Évaluation des habiletés - proposition d'améliorations
11	Interprétations	Synthèse Fiche synthèse : Schéma, liste, organigramme, résumé, etc. Conférence/table ronde : Présentation orale, questions, débat.	Traitement du sujet - global Partage et analyse de l'information	Approche orientante Compte rendu d'exploration : Introspection par rapport à l'expérience terrain Exploration de professions en environnement
15	Conclusion	Texte argumentatif : Prise de position appuyée par les recherches	Prise de position	Évaluation Évaluation des habiletés : Par les pairs et autocritique

Notes 1. Les travaux à réaliser par les étudiants sont identifiés par un soulignement dans le tableau
2. La fiche synthèse (15 %), la conférence (10 %) et le texte argumentatif (15 %) constituent l'épreuve finale à caractère synthèse du cours

Figure 1 : Planification de la session sur 15 semaines

problématique globale sélectionnée. Chaque groupe devient dès lors expert d'une facette précise de l'enjeu soulevé. Dans ce contexte, le regard que porte l'enseignante ou l'enseignant sur le travail des étudiantes et étudiants est alors orienté vers leur progression.

Nous avons adapté les objets et moyens d'évaluation à ce style d'enseignement, qui accorde autant d'importance au processus d'apprentissage qu'aux productions finales exigées. Les étudiantes et étudiants témoignent de l'avancement de leurs travaux en rédigeant notamment des fiches de lecture et des comptes rendus de rencontre. Des grilles d'évaluation critériée, fournies à l'avance à la classe, s'avèrent très utiles pour annoncer les critères d'évaluation (figure 2) et les seuils de réussite. De cette façon, les personnes qui pourraient être déstabilisées par cette approche inhabituelle dans les cours de sciences sont informées et rassurées.

Enseigner le travail d'équipe

De manière générale, l'efficacité du travail d'une équipe dépend du niveau de contribution de chaque membre et de la qualité de la collaboration et de la communication mutuelles. Dans les cours de sciences, les étudiants et étudiantes s'appliquent à travailler en équipe intuitivement, mais nous remarquons qu'ils éprouvent souvent des difficultés. Cela peut se traduire par de la frustration et du désengagement envers la tâche à réaliser. Dans le cours Environnement, nous avons décidé d'enseigner explicitement les modalités d'un travail d'équipe satisfaisant. La formation des équipes est encadrée par une activité de rencontres rapides afin que les étudiantes et étudiants choisissent les membres de leur équipe de manière éclairée selon les caractéristiques de leurs collègues. Pour ce faire, ils remplissent individuellement une fiche de membre pour établir leur profil (forces, limites, intérêts, disponibilités, etc.) et des minirencontres sont orchestrées pour favoriser la

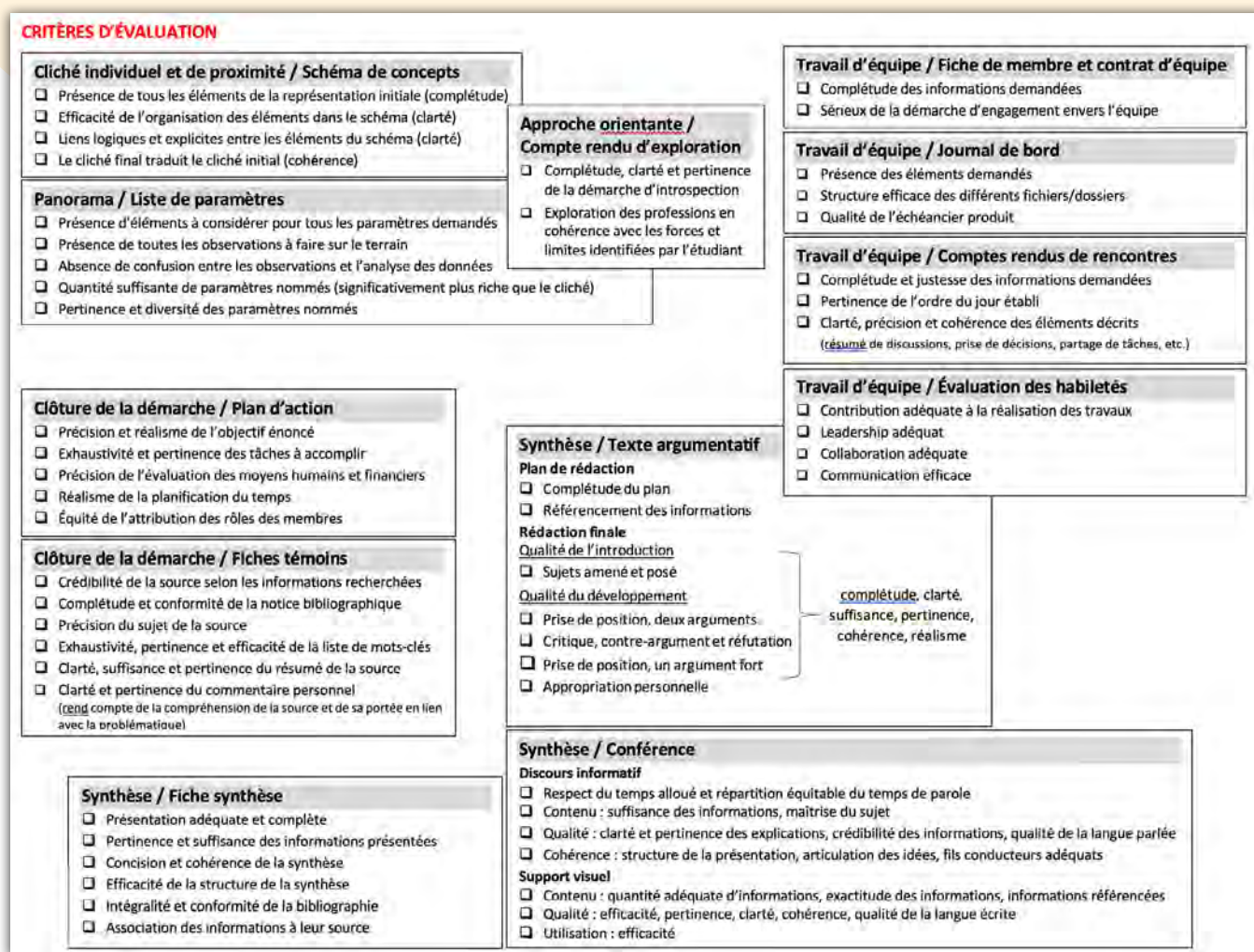


Figure 2: Critères d'évaluation

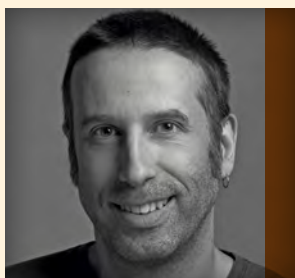
connaissance du plus grand nombre de pairs dans la classe. Une fois les équipes composées, les membres tiennent des réunions régulières, avec ou sans les titulaires du cours, pour communiquer de l'information et faire les mises au point nécessaires au bon déroulement du projet. Finalement, une évaluation par les pairs permet, à deux reprises dans la session, de fournir une rétroaction sur la qualité du travail et d'apporter des améliorations, s'il y a lieu.

Conclusion

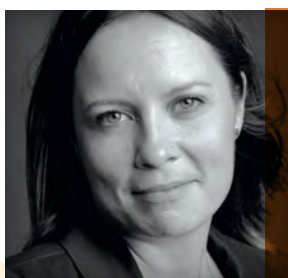
Le cours Environnement, qui amène les étudiantes et étudiants à adopter une position argumentée et nuancée au sujet d'un enjeu socioscientifique, permet de faire vivre la science comme une méthode plutôt que comme une somme de connaissances. Pour ce faire, il mise sur des approches peu usuelles dans le programme Sciences de la nature : multidisciplinarité, jugement de valeur, évaluation du processus d'apprentissage

et enseignement explicite des modalités du travail d'équipe. Grâce à cette formule de cours, les professeurs et professeures constatent, session après session, que les étudiants et étudiantes mobilisent avec succès des habiletés intellectuelles de haut niveau pour répondre au défi qui leur est proposé.

À l'aube de l'application du nouveau programme Sciences de la nature, nous avons la conviction que les leçons tirées de cette expérience pédagogique sauront nous inspirer. Nous pensons notamment à un réinvestissement de certains de ces aspects dans le développement de la compétence liée aux cours au choix, dont le troisième élément de compétence est « Démontrer la contribution du domaine [des sciences de la nature] à la compréhension d'enjeux scientifiques » (Gouvernement du Québec, 2021). Voilà une belle occasion de pousser nos étudiants et étudiantes à jouer un rôle de premier plan dans la science et la vie citoyenne d'aujourd'hui et de demain. ■



FRÉDÉRIC
PARROT



CAROLINE
DUPONT

RÉFÉRENCES

Corbeil, Y. (2016). *Théorie des jugements*. Département de philosophie, Cégep de Trois-Rivières. <https://philosophie.cegeptr.qc.ca/2016/02/theorie-des-jugements/#anc9>

Fisher, C. N. (2011). Changing the science education paradigm: From teaching facts to engaging the intellect. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 84(3), 247-251.

Gouvernement du Québec. (2021). *Programme d'études préuniversitaires Sciences de la nature*.

MEES. (2016). *Composantes de la formation générale – Extraits des programmes d'études conduisant au diplôme d'études collégiales (DEC)*.

Pouliot, C. et Groleau A. (2011). L'approche des îlots de rationalité interdisciplinaires : pour une éducation aux sciences et à la citoyenneté. *Pédagogie collégiale*, 25(1), 9-14.