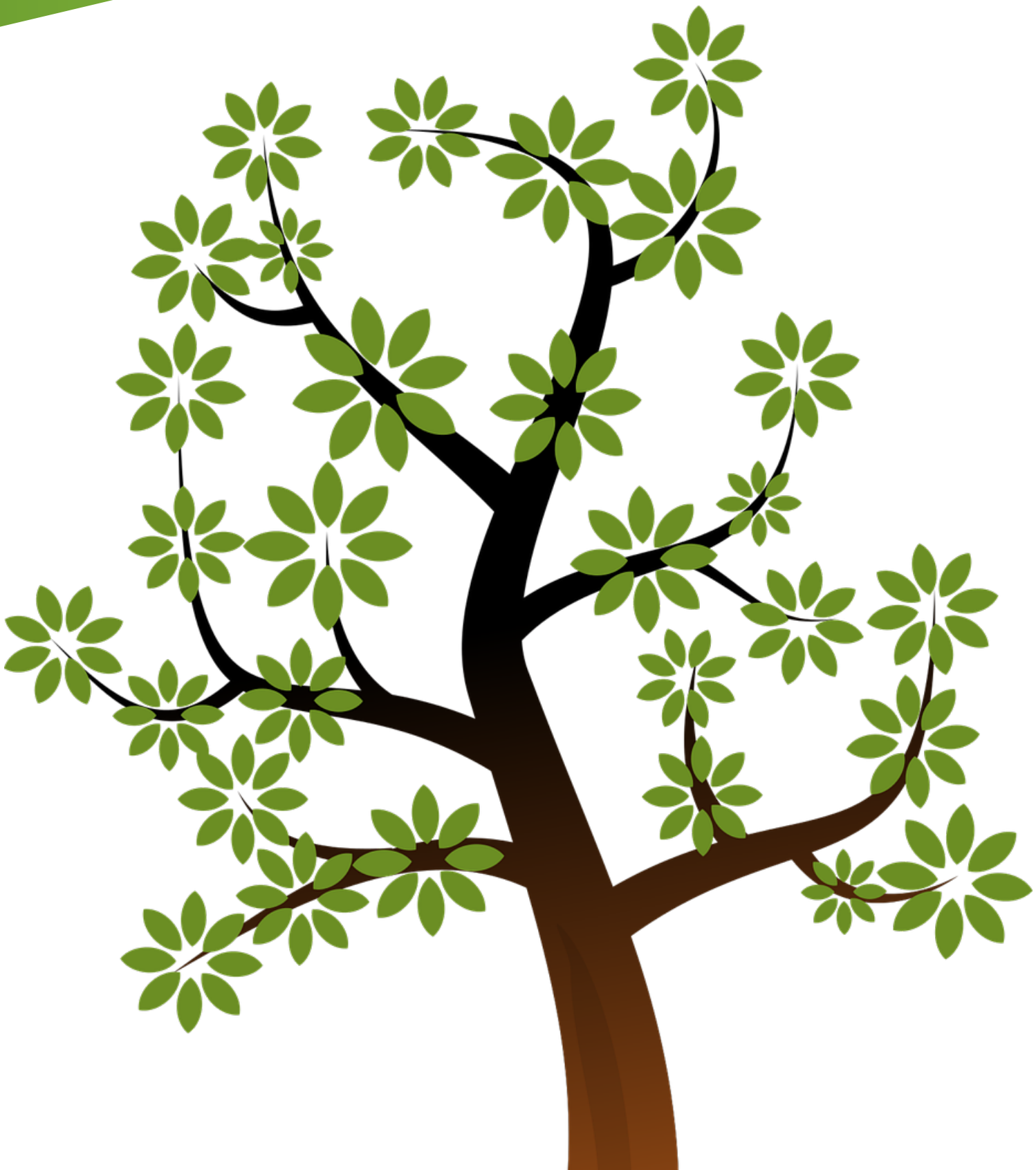
Volume 51 / numéro 2 / février 2022
Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec

Spectre



Sommaire

Spectre / volume 51 / numéro 2 / novembre 2022

Mot de la présidente 3

Éditorial : Julian Assange, TikTok et esprit critique 4

Mot de la directrice générale 12

Pratique

Faciliter le développement de la compétence numérique à l'aide de la robotique éducationnelle et du coenseignement 6

Jugement professionnel : comment les encadrements légaux soutirnnent-ils le personnel enseignant du secondaire au moment de témoigner du développement des compétences disciplinaires ... 13

Pratique

La pandémie de COVID-19 et la recherche scientifique à travers le monde : un effort sans précédent 8

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
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
Bénédicte Boissard / Estelle Desjarlais / Phylippe Laurendeau / Daniel Marquis / Brigitte Roy / Nadine Talbot / Camille Turcotte

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 :1er trimestre 2022, ISSN 0700-852X

Cette revue est conforme à la nouvelle orthographe www.orthographe-recommandee.info

Mot de la présidente

Estelle Desjarlais, Université du Québec à Montréal | Présidente du conseil d'administration de l'AESTQ

Enfin le retour du printemps ! Après l'hiver en dents de scie que nous venons de vivre, disons que c'est apprécié. Nous sommes beaucoup à espérer que le retour du temps doux nous apporte un peu de stabilité et l'énergie nécessaire pour terminer l'année en beauté. À l'AESTQ, on sent aussi un vent de renouveau qui arrive avec ce printemps et on ne manque pas de motivation pour se remettre au travail. Comme nouvelle présidente, je me sens chanceuse de commencer mon mandat en pleine période d'effervescence et de nouveaux départs pour l'Association.

Après un deuxième hiver de pandémie, on sent que nous en sommes à l'étape des bilans. Pour s'adapter et survivre, l'Association a dû faire des choix, modifier des façons de faire et en inventer de nouvelles. Parmi ces changements, certains sont temporaires alors que d'autres laisseront leur marque à long terme. Par exemple, nous attendons avec impatience le retour des congrès en présentiel qui, si les conditions le permettent, aura lieu l'automne prochain. Par contre, la mise en place de webinaires pour pallier l'absence de congrès a aussi eu ses avantages en rendant la formation accessible en tout temps et en tous lieux. Depuis l'automne, une série de webinaires gratuits a été rendue disponible à tous nos membres. En tout, ce sont 21 heures de contenus sur toutes sortes de sujets qui sont maintenant offerts sans frais au bout de nos doigts : lutte à la désinformation, évaluation, développement de la pensée critique, communauté de pratique des TTP, des réflexions sur ce que la COVID-19 a changé dans la pratique enseignante, etc. Il y en a pour tous les goûts et intérêts. Allez vite y jeter un œil, si ce n'est pas déjà fait.

Les réflexions et les bilans ont d'ailleurs largement dépassé le cadre de l'organisation des activités de l'Association. La pandémie, en mettant de l'avant l'importance de l'enseignement de la science et de la technologie, nous a aussi obligés à le réfléchir sous de nouveaux angles. Comme acteurs et actrices du milieu de l'éducation scientifique et technologique, On s'est demandé comment contextualiser les cours pour leur donner du sens dans le contexte sanitaire dans lequel nous avons été plongés, on s'est demandé comment aborder les enjeux d'actualité pour permettre aux élèves et étudiant.es de mieux comprendre et de se positionner, on s'est demandé aussi comment assurer un enseignement de qualité dans un contexte où l'espace, le matériel et le temps n'étaient pas toujours accessibles. La parution du numéro thématique de Spectre sur les sciences expérimentales hors du labo est entre autres le fruit de ces réflexions sur les nouvelles avenues que nos stratégies d'adaptations vont permettre d'ouvrir.

C'est bien la fin de l'hiver et, à l'Association, c'est la fin d'une période intense de crise et d'action rapide, de revirements et d'incertitudes. Même si la pandémie n'est pas terminée, nous avons trouvé une nouvelle normalité et nous sommes construit de nouveaux repères. C'est le temps de prendre conscience de ce qui a changé, d'évaluer ce qui doit rester et d'établir de nouveaux objectifs. Autant dire que le CA aura cette année du pain sur la planche. Ça tombe bien, nous sommes une équipe complète, motivée et, bonne nouvelle pour la féministe que je suis, de nouveau paritaire. C'est donc avec une bonne dose d'optimisme que je souhaite à tous nos membres un printemps rempli de chaleur, de soleil et de nouveaux départs.

Éditorial

Julian Assange, TikTok et esprit critique

Phylippe Laurendeau, GRICS | Rédacteur en chef de la revue Spectre

J'ai été surpris en apprenant que la Cour royale de justice britannique a approuvé l'extradition du fondateur de WikiLeaks, Julian Assange, vers les États-Unis. Mais pas autant que de devoir expliquer à ma fille de 25 ans qui est Julian Assange. L'homme fait régulièrement les manchettes depuis 2010, non? Son histoire a été racontée dans de nombreux films et documentaires partout sur la planète. Alors pourquoi son nom, tout comme celui de Wikileaks, ne lui évoque-t-il absolument rien? Une fois le choc du paternel passé, notre conversation a rapidement tourné autour des sources médiatiques consultées par les jeunes de sa génération.

Ma fille ne fait que confirmer ce que j'ai lu dans les nombreuses études publiées dans les dernières années. La dernière en lice est celle de la Fondation canadienne pour l'innovation, en partenariat avec l'Acfas. Il s'agit de résultats d'un sondage afin de connaître les perceptions des jeunes Canadiennes et Canadiens de 18 à 24 ans sur quatre enjeux scientifiques : l'innocuité du vaccin contre la COVID-19, la durabilité de l'environnement, les changements climatiques et l'importance des STIM (science, technologie, ingénierie et mathématiques) pour l'avenir. Le rôle des médias sociaux et des influenceurs du Web y est particulièrement mis en lumière.

Sans surprise, les médias sociaux dominent largement avec plus de 75 % d'utilisation quotidienne. Loin derrière, les médias écrits (14 %), la télévision (11 %) et la radio (8 %) mordent la poussière. Et la tendance est loin de s'essouffler puisque cette année, TikTok a dépassé Google et toutes ses applications réunies pour le nombre de consultations. Il y a de quoi s'inquiéter quand on sait que l'information vérifiée, la mauvaise information et la désinformation s'y côtoient sans aucun contrôle. D'autant plus que 73 % des jeunes sondés ont affirmé suivre au moins un influenceur qui a exprimé des opinions antiscientifiques.

Et pourtant, 70 % de ces mêmes répondants ont indiqué faire confiance à la science pour se forger une opinion éclairée sur les quatre enjeux scientifiques du sondage. Ils reconnaissent que la science se base sur des faits vérifiables et qu'ils peuvent s'y fier pour fonder leur jugement. Cependant, le quart des sondés avoue se fier davantage à l'avis de son entourage ou à des influenceurs du Web.

Ce qui m'a surtout surpris de ma conversation avec ma fille, c'est combien nos jeunes sont complètement dépendants des médias sociaux pour s'informer. Comme s'ils vivaient sous une cloche de verre. Comme si un seul média pouvait remplir tous les besoins : savoir comment s'est déroulée la fête d'une amie et s'informer sur la protection offerte par les vaccins à ARN. Et même si la majorité des jeunes admet se baser sur la science pour prendre position sur des enjeux qui les concernent, force est d'admettre que les jeunes ne sont pas toujours en mesure de différencier le vrai du faux dans les médias. La solution passe, entre autres, par une meilleure éducation au numérique, au développement de l'esprit critique et par une meilleure culture scientifique. Cette dernière fait cruellement défaut dans les médias sociaux malgré quelques initiatives intéressantes. Spectre a publié dans la dernière année plusieurs articles sur le développement de l'esprit critique en classe et des ateliers sur le sujet sont toujours offerts sur le site. En attendant, papa va s'assurer que sa fille sort de sa cloche de verre de temps en temps. Avoir des enfants, c'est un contrat à vie!

P.-S. - L'étude porte également sur la perception des carrières scientifiques, et ce n'est pas plus encourageant. Consultez tous les résultats de l'étude en ligne.

Pratique

Faciliter le développement de la compétence numérique à l'aide de la robotique éducationnelle et du coenseignement

Brigitte Roy, Université du Québec à Trois-Rivières

Option Sciences enrichies et robotique (SER)

Algorithmes, dispositifs numériques, systèmes automatisés, programmation, codage, robotique, intelligence artificielle, plateformes interactives : nous sommes désormais entourés de toutes parts d'objets et de systèmes qui demandent une compréhension générale de la technologie numérique. Développer la compétence numérique chez les jeunes par l'enseignement de la programmation liée à la robotique constitue un bon point de départ pour mieux comprendre tous ces concepts. En effet, pour que les jeunes parviennent à participer en toute conscience à l'avancement des technologies numériques tout en étant stimulés, il faudrait les familiariser à l'école aux éléments de base de la programmation (Lapierre, 2018).

Cet article expose une innovation, dans une école de la Côte-Nord, en matière de robotique éducationnelle et d'intégration de la compétence numérique dans des cours de science et technologie au secondaire. Puisque le développement de nouvelles technologies numériques influence grandement l'évolution des contenus enseignés dans les différents domaines de l'éducation (MEES, 2019), leur synchronisation devient inévitable et conduit à un nouvel intérêt de recherche : la robotique éducationnelle (RE) et la pensée numérique (PN).

La robotique et le numérique à l'école : une place à prendre

Cela peut conduire au développement d'un potentiel créatif, métacognitif et interdisciplinaire (Mondada et al., 2017). En raison de l'étendue qu'a pris le virage numérique dans différentes sphères et de ses impacts sur la vie quotidienne, le milieu de l'éducation cherche à intégrer la robotique et sa programmation à la formation des jeunes. Comme il y a peu d'ouvrages scientifiques en didactique sur la compétence numérique in situ, nous réalisons une recherche exploratoire, dans le cadre d'un stage postdoctoral, sur certaines façons d'aborder la programmation en contexte de coenseignement.

Dans cette optique, une nouvelle option nommée Sciences enrichies et robotique (SER) liée aux cours de *Science et technologie* (ST) au 1er cycle du secondaire, à l'école Jean-du-Nord de Sept-Îles, propose un arrimage de la robotique, des sciences et des technologies numériques. L'option SER est encore en phase de développement et la recherche d'exploration s'effectue par une chercheuse postdoctorale, Mme Brigitte Roy (Ph.D), et une participante coenseignante, Mme Sylvie Émond (enseignante en ST). L'étude est aussi possible grâce au soutien de la direction d'école et du CSS, ainsi qu'à l'implication de l'UQTR (2021) et de l'UQAC (2022). Nous souhaitons, par cette étude, contribuer à documenter un ensemble d'aspects liés au domaine numérique enseigné au secondaire et à vérifier s'il y a une motivation accrue de l'apprentissage, comme l'ont souligné d'autres chercheurs (Mondada et al., 2017 ; Gaudiello et Zibetti, 2019). Les détails de l'étude sur l'option SER sont à venir et les résultats serviront à mieux encadrer et à arrimer l'enseignement du numérique au primaire et au secondaire.

Le Cadre de référence de la compétence numérique, un outil pour cheminer

Le Cadre de référence de la compétence numérique du Gouvernement du Québec de 2019 présente 12 dimensions liées à la littératie numérique. L'étude de la programmation et de la robotique de même que l'exploration d'interfaces interactives que l'on retrouve dans l'option SER sont des exemples d'initiatives en éducation qui rejoignent la plupart des dimensions de la compétence numérique.

Une expérience de coenseignement numérique passionnante

Donnée en coenseignement pour deux périodes supplémentaires de 75 minutes ajoutées aux cours de ST réguliers, l'option SER assure un partage des tâches et une qualité augmentée du temps enseignantes-élèves lors des échanges sur les procédures

de programmation et les autres dimensions de la compétence numérique à l'étude. Les nombreux bénéfices qu'offre le coenseignement (Tremblay et Granger, 2020) permettent de sécuriser les enseignantes à propos des outils numériques en perpétuelle évolution. En plus de favoriser l'inclusion scolaire et la lutte contre l'échec (Friend et Cook, 2017), le coenseignement donne plus de possibilités aux enseignantes dans les classes différenciées pour offrir un soutien de qualité aux élèves qui cheminent à leur rythme dans l'apprentissage de la programmation.

La robotique éducationnelle dans l'option SER, un aperçu

En situation de coenseignement ciblé, l'option SER comprend notamment une initiation à la programmation, à l'utilisation de capteurs et aux possibilités mécaniques des dispositifs de robotique LEGO EV3 et SPIKE. Ce profil optionnel inclut un apprentissage des relations scientifiques et mathématiques avec des algorithmes simples et une étude du langage de programmation graphique de Scratch (figure 4). Les activités Scratch permettent aux jeunes de réaliser de courtes séquences animées favorisant l'apprentissage par le jeu et la programmation par blocs. Parmi les autres notions abordées dans l'option SER, on retrouve des thèmes sur l'intelligence artificielle, domaine de pointe en forte émergence au Québec comme ailleurs dans le monde, ce qui cible les dimensions *Apprentissage par le numérique* et *Éthique informationnelle* (MEES, 2019).

Les élèves sont engagés dans de nombreuses activités de programmation, de cocréation et de corédaction. Ils sont appelés à comprendre et à utiliser des langages de programmation par blocs et à réaliser des travaux en écriture collaborative dans des plateformes de partage (Lacelle et Lebrun, 2016), ce qui s'inscrit dans la dimension *Collaboration* (MEES, 2019). Amener les élèves à comprendre les interactions sociales en contexte numérique leur permet de développer une réflexion métacognitive sur leurs apprentissages, leurs connaissances et leur rôle dans la société (Gerbault, 2012). Avec l'option SER, ils reçoivent ainsi un bagage d'outils représentatifs pour devenir des *citoyens éthiques* (MEES, 2019) dans un contexte de travail et de vie en environnement numérisé.

Outre le segment robotique et sa programmation, l'option SER intègre aussi la dimension *Production de contenus* (MEES, 2019) par la réalisation de courtes recherches scientifiques sur des sujets que les élèves proposent, à l'aide des logiciels de présentation et d'écriture collaborative retrouvés en partie dans Office 365, dont PowerPoint, Word, OneNote et Sway. De nouvelles plateformes interactives variées telles que Genially sont aussi explorées (genial.ly/.fr). Les différentes interfaces de présentation étant encore peu connues ou maîtrisées par les jeunes du secondaire, ce segment assure la mise à jour et l'amélioration de compétences sur l'utilisation de divers organisateurs graphiques et plateformes interactives.

Une stratégie en trois temps pour l'enseignement de la programmation

Encore aujourd'hui, l'expérience préalable des élèves du primaire qui font leur passage au secondaire n'est pas homogène au Québec en matière de programmation et de robotique. Quelques enseignantes du primaire tentent toutefois d'intégrer certaines bases (Giroux et al., 2018) et, d'année en année, le nombre de jeunes ayant eu un contact avec la robotique augmente. Actuellement, en première année du secondaire, à l'école concernée par l'étude, les connaissances de programmation varient beaucoup dans les classes. À travers cette réalité, il faut que les élèves puissent faire progresser leur connaissance du numérique à leur rythme afin de maintenir leur intérêt. Les inconvénients reliés aux variations de connaissances des élèves s'estompent en situation de coenseignement en raison d'un plus grand nombre d'échanges élèves-enseignant(e)s.

À l'étude, trois principales étapes en stratégie d'enseignement de la programmation sont abordées : le **modelage**, le **séquençage** et l'**appropriation**. Dès le primaire, mais aussi aux différents cycles du secondaire, il faut favoriser un **modelage** en exposant à l'écran un exemple d'une programmation simple que les jeunes vont reproduire avec (ou sans) une légère modification. Par exemple, le robot avance en ligne droite de x cm ou tourne suivant un angle. Le modelage représente une étape d'acquisition d'une démarche et d'une compréhension des fonctions-blocs (voir glossaire). Les élèves plus expérimentés peuvent être invités à réaliser une petite programmation personnelle que l'on peut ensuite présenter au groupe.

Vient ensuite le **séquençage**, qui consiste à réaliser des activités de prédiction d'évènements et de visualisation d'une séquence de résultats. L'enseignant ou l'enseignante fournit un certain nombre de blocs d'actions et l'élève regroupe les séquences qui permettront de réaliser un évènement. Dans la figure 6, on peut voir un exemple de séquence de programmation Scratch où une voiture se déplace sur une distance x en réalisant une forme géométrique.

Finalement, les situations d'**appropriation** sont des étapes un peu plus avancées. Les élèves sont en mesure de décoder les messages d'action qu'un logiciel envoie à un robot. Après l'apprivoisement des fonctions élargies du langage de programmation, les jeunes sont plus autonomes, réalisent des programmes plus complexes et effectuent des créations assez étonnantes sur des sujets de sciences, de mathématiques et de géologie, avec le déplacement d'un robot suivant le relief et la texture d'un sol, par exemple. Les réalisations des élèves peuvent être exposées, à l'école, dans des concours scientifiques ou de robotique.

La **tenue d'un journal de bord numérique**, lors des activités de programmation, est fortement conseillée en vue d'une réflexion métacognitive sur les apprentissages accomplis, même pour le personnel enseignant. Les objectifs pour les élèves, en plus du processus métacognitif déjà mentionné, sont de mieux comprendre l'importance de la précision dans le regroupement de blocs codés et de développer une autonomie personnelle en

pensée informatique. Pour les enseignants et les enseignantes, l'analyse métacognitive vise à comprendre la portée des activités numériques sur leur enseignement et la mise en commun de leurs réflexions en vue de cibler et de corriger les difficultés. Au final, la robotique, la programmation et l'exploitation de plateformes interactives permettent aux élèves de se sentir en contrôle de la réalité informatique qui les entoure.

Le coenseignement, une condition gagnante

La recherche exploratoire permet de constater qu'il est désormais possible de favoriser les environnements numériques d'apprentissage dans les écoles pour mettre de l'avant l'intégration de plusieurs dimensions de la compétence numérique exposée dans le Cadre de référence (MEES, 2019).

Nous constatons aussi qu'une telle implantation implique tellement de paramètres différents qu'elle est facilitée et mieux approfondie par un travail bien appuyé en coenseignement afin de créer des conditions de gestion de classe partagée, mais aussi de favoriser un apport réciproque (Tremblay et Granger, 2020) en vue de bien comprendre et maitriser les multiples outils en évolution constante. L'intégration de la programmation et de la robotique doit se faire progressivement et les connaissances, toujours à parfaire, s'amélioreront progressivement avec les années.

Quant aux directions des écoles intéressées à entreprendre le virage numérique, elles doivent investir dans le temps à accorder aux enseignantes et aux enseignants pour que ces derniers se forment et créent une organisation numérique qui les passionne. Actuellement, la programmation et la robotique ne font pas encore partie des programmes scolaires obligatoires, mais les études portant sur des moyens d'intégrer ces notions numériques, en science et technologie notamment, sont nécessaires pour prévoir les difficultés et trouver rapidement des solutions pour faciliter la tâche au personnel enseignant motivé.

Glossaire

Algorithme : Suite finie d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre un problème ou d'effectuer une opération.

Didactonumérique (néologisme) : Exploitation du numérique en didactique. Le but étant d'instruire, d'informer, d'enseigner avec le numérique pour acquérir des compétences dans ce champ technologique.

Fonction-bloc : Une fonction-bloc renvoie à une ou plusieurs séquences fonctionnelles de programmation d'une action par un dispositif de robotique.

Littératie numérique : Ensemble de toutes les notions technologiques en lien avec l'acquisition de compétences numériques pour comprendre et être fonctionnel dans un monde numérisé. Aptitude à décoder et à comprendre le numérique dans toutes les sphères de la vie quotidienne et s'interroger sur son influence. La littératie numérique tient aussi compte plus largement d'une réflexion sur l'influence du numérique dans le domaine de l'éducation (Gerbault, 2012).

Métacognition : Exercice de réflexion sur ses propres processus mentaux, sur l'organisation de ses pensées ainsi que sur ses connaissances et ses apprentissages.

Références

Friend, M. et Cook, L. (2017). Interactions: collaboration skills for school professionals. Pearson Education.

Gaudiello, I. et Zibetti, E. (2019). La robotique éducative en science : pourquoi et comment. Enfance, 3(3), 309-332. https://doi.org/10.3917/enf2.193.0309

Gerbault, J. (2012). Littératie numérique : les nouvelles dimensions de l'écrit au 21ième siècle. Recherches en didactique des langues et des cultures, 9(2). https://doi.org/10.4000/rdlc.3960

Giroux, P., Girard, J.-F. et Gagnon, M. (2018). La robotique pour motiver ses élèves. Revue hybride de l'éducation, 2(2), 68-77. https://doi.org/10.1522/rhe.v2i2.861

Lacelle, N. et Lebrun, M. (2016). La formation à l'écriture numérique : 20 recommandations pour passer du papier à l'écran. Revue de recherches en littératie médiatique multimodale, (3). https://doi.org/10.7202/1047131ar

Lapierre, H. G. (2018). Effet de la robotique éducative sur l'apprentissage et l'intérêt des élèves en Science et technologie [mémoire de maitrise inédit]. Université du Québec à Montréal.

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). Cadre de référence de la compétence numérique.

http://www.education.gouv.qc.ca/dossiers-thematiques/plan-daction-numerique/cadre-de-reference-de-la-competence-numerique/

Mondada, F., Bonani, M., Riedo, F., Briod, M., Pereyre, L., Rétornaz, P. et Magnenat, S. (2017). Bringing robotics to formal education: The Thymio Open-Source Hardware Robot. IEEE Robotics & Automation Magazine, 24(1), 77-85.

https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2636372

Tremblay, P. et Granger, N. (2020). Regards croisés Tableau 1. https://reports.dimensions.ai/covid-19/ Weekly new publications, by type of publication

La pandémie de COVID-19 et la recherche scientifique à travers le monde : un effort sans précédent

Daniel Marquis, bibliothécaire professionnel et conseiller pédagogique, Cégep de Granby

La lutte contre la pandémie de COVID-19 a donné lieu à un effort sans précédent dans l'histoire de la recherche scientifique pour trouver un vaccin et étudier le phénomène. Cet article propose d'utiliser les outils propres aux sciences de l'information, plus précisément la bibliométrie[1] et la scientométrie[2], pour rendre compte de cette effervescence, de ses limites et de certains de ses enjeux. Dans leur quotidien, les étudiants sont confrontés à cette pandémie. L'occasion est belle pour les initier à tout cet écosystème de la recherche mis en place et de les amener à exercer leur esprit critique à l'égard de l'information scientifique véhiculée par les médias traditionnels et les médias sociaux.

La recherche sur la pandémie de COVID-19 : un effort sans précédent

Selon les données bibliométriques colligées par l'observatoire Dimensions.ai (2021), plus de 29 998 organismes de recherche, répartis dans 199 pays, ont publié, entre le 30 décembre 2019 et le 7 novembre 2021, plus de 690 663 recherches scientifiques sur la question de la COVID-19, sur les plans tant virologique, médical que psychologique. Le tableau 1 témoigne de cette effervescence, et on constate que les publications sont majoritairement des articles scientifiques publiés avec une validation par les pairs et des articles sans validation (preprint).

Ce que nous vivons depuis l'hiver 2020 est sans précédent dans toute l'histoire de la recherche scientifique. La COVID-19 est devenue rapidement la priorité numéro un et la publication d'articles scientifiques a explosé. Comme le souligne Vincent Larivière de l'Université de Montréal, spécialiste des méthodes bibliométriques, chaque chercheur a son angle COVID et doit écrire quelque chose (Brainard, 2021, p. 1182). On assiste depuis février 2020 à une mobilisation des éditeurs pour publier toutes ces recherches. La très grande majorité offre généralement un libre accès à leurs publications scientifiques. Dès le 4 février 2020, devant l'ampleur de la pandémie, la revue *Nature* ouvrait le bal en publiant un éditorial sous le titre : « Calling all coronavirus researchers: keep sharing, stay open », précisant son intention et celle de son éditeur Springer de rendre disponibles gratuitement l'ensemble de la recherche et l'accès aux données, notamment en prépublication. L'éditeur invite tous les chercheurs à partager leurs données de recherche intermédiaires et finales relatives à l'épidémie, ainsi que les protocoles et les normes utilisés pour collecter celles-ci (*Nature*, 2021).

Si on procède à un décompte des publications savantes et à une analyse systémique de tout cet écosystème de la recherche, deux effets bénéfiques ressortent de cet effort international : la collaboration entre les chercheurs et le libre accès aux données de recherche. Rémi Quirion, scientifique en chef du Québec, résume ainsi les activités des Fonds de recherche du Québec dans le combat contre la COVID-19 : « … il y a en ce moment énormément de travaux qui sont menés de front partout dans le monde. […] Les chercheurs sont habitués à collaborer, mais cette fois l'ampleur de la coopération scientifique internationale est exceptionnelle et sans précédent. On parle de science ouverte, c'est-à-dire que les données sont disponibles et partagées à l'échelle de la planète […]. Par exemple, le virus a été séquencé en laboratoire en Corée du Sud et l'information a rapidement été accessible sur les sites web de sorte que tous les chercheurs québécois qui travaillent dans ce domaine pouvaient voir si le virus avait ou non beaucoup de mutations. Plusieurs sites à travers le monde répertorient aussi tous les essais cliniques … » (Nancy, 2020).

La recherche sur la COVID-19 a-t-elle été précipitée?

Plusieurs opposants à la vaccination mettent de l'avant l'argument de la précipitation. Pour Michael J. Strong (2021), président des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), il n'y a pas eu de précipitation dans la recherche pour un vaccin contre la COVID-19. Pour le chercheur, nous sommes passés rapidement de l'identification du virus SARS-CoV-2 à la mise au point d'excellents vaccins expérimentaux parce que certaines technologies, notamment celle de l'ARN messager, étaient connues depuis quelques décennies. Il cite notamment les travaux de la docteure Katalin Karikó qui, dès 1990, s'est intéressée à la technologie ARN messager vitro-transcrit pour les thérapies protéiques, et ceux plus récents du canadien Derrick Rossi, spécialiste des cellules souches, qui a réussi en 2009, dans son laboratoire de l'Université Harvard, à se servir de l'ARN modifié pour reprogrammer des cellules adultes, afin de les faire se comporter comme des cellules souches embryonnaires, ce qui a donné lieu à la création de la firme Moderna. Si on ajoute l'expertise et la disponibilité de plusieurs laboratoires de recherche bien équipés et l'accélération des

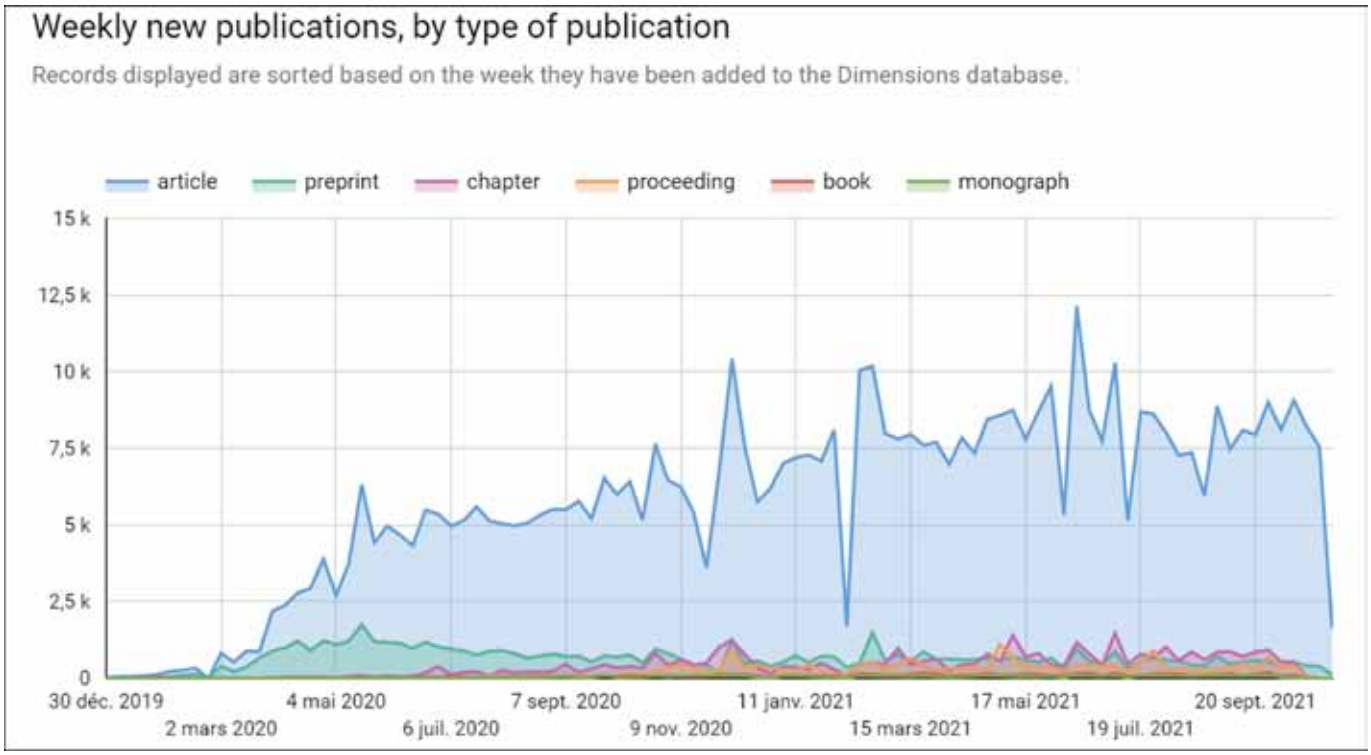


Tableau 1. https://reports.dimensions.ai/covid-19/ Weekly new publications, by type of publication

processus de validation gouvernementaux, il y a actuellement un consensus, tant dans la littérature que dans les institutions scientifiques officielles, selon lequel la recherche n'a pas été précipitée, mais accélérée.

Il y a toutefois des bémols émis par certains scientifiques. Citons notamment Irving Steinberg (2020), doyen associé aux affaires facultaires de l'École de pharmacie de l'Université Southern California qui affirme sans hésitation que la vitesse est, bien sûr, importante dans une crise telle que la COVID-19, mais que la rapidité – dans la recherche, l'interprétation et la mise en œuvre de la science – est une entreprise risquée.

C'est toute la démarche scientifique et la publication d'articles validés par les pairs qui sont mis en cause dans le cas de la recherche sur la COVID-19. Le site Retraction Watch (2021), bien connu de la communauté scientifique, va plus loin et relève, en date du 11 novembre 2021, 190 articles de revues sur la COVID-19 retirés ou rétractés. Plus récemment, le retrait de deux articles publiés par des revues aussi prestigieuses que The Lancet et The New England Journal of Medecine (Piller et Servick, 2020) remet en question certaines validations essentielles. C'est la question de l'augmentation considérable de la publication préimprimée – la publication d'études en ligne avant qu'elles ne soient correctement examinées par les pairs – qui est remise en cause, notamment par Irving Steinberg (2020).

Ce n'est pas l'avis du chercheur Leslie Chan, de l'Université de Toronto, cité par Damien Grabton (2020) d'Affaires universitaires Canada : « Il y a beaucoup d'exemples qui montrent que l'examen par les pairs ne permet pas d'éviter les fraudes ni les mauvaises publications », souligne-t-il. M. Chan croit plutôt que les prépublications accélèrent la diffusion des connaissances et que la visibilité des résultats par le plus grand nombre permet de détecter rapidement les erreurs (Grabton, 2020).

Devant l'urgence de la situation, 5 millions de morts et plus de 251 millions de cas en date du 8 novembre 2021, selon le compteur du site Worldometer, il est évident que tout le processus de la recherche et plus particulièrement celui des autorisations des organismes nationaux et internationaux ont été accélérés. Dans quelques années, après la pandémie, il faudra comparer les prépublications et valider tous les processus de publications scientifiques.

La recherche scientifique est-elle neutre?

Sans remettre en question tous les efforts consacrés à la recherche scientifique entourant la COVID-19, il est important de souligner les risques éthiques reliés à la concentration et à l'accélération.

Concentration liée tout d'abord au financement de la recherche appliquée, notamment pour les vaccins au détriment de la recherche fondamentale. Rappelons que ce sont les travaux en recherche fondamentale, notamment ceux de Katalin Karikó sur le développement de l'ARN messager vitro-transcrit pour les thérapies protéiques qui, dès les années 90, ont posé les bases des innovations actuelles de vaccination. Pour la Commission de l'éthique en science et en technologie du Québec, « … il existe

un risque réel de concentrer une trop grande proportion du financement sur des recherches proposant des résultats concrets à court terme, alors qu'il existe des bénéfices importants liés à la recherche fondamentale (Commission de l'éthique en science et en technologie du Québec, 2021).

On assiste également à une concentration des budgets vers la recherche médicale et des sciences de la santé au détriment des sciences humaines et sociales. Sans nier l'importance de combattre ce virus, financer adéquatement la recherche sur les impacts psychologiques et sociaux de cette pandémie devrait être également une priorité. Une analyse succincte révèle que la grande part de la recherche est accaparée par le secteur médical.

Le rôle accru des compagnies pharmaceutiques dans le financement de la recherche et la validation des médicaments est un problème en soi. Les liens entre le parrainage industriel et les résultats de la recherche ont été mis de l'avant en 2017 par cinq chercheurs de cinq universités : Andreas Lundh, Joël Lexchin, Barbara Mintzes, J. B. Schroll et Lisa Bero (2017). S'appuyant sur une revue de 75 articles, leur méta-analyse en arrive à la conclusion suivante : « Le parrainage des études portant sur des médicaments et sur des dispositifs médicaux par les sociétés produisant ceux ci conduit à des résultats en matière d'efficacité et à des conclusions plus favorables par rapport au parrainage provenant d'autres sources. Nos analyses suggèrent qu'il existe un biais lié au parrainage industriel qui ne peut pas être expliqué par les évaluations standards du "Risque de biais" ». (Lundh et al., 2017, p. 20). De précédentes recherches avaient constaté que les études financées par l'industrie pharmaceutique avaient plus tendance à recommander les médicaments fabriqués par ces compagnies que les études ayant d'autres sources de parrainage. Une bonne partie de la recherche profite aux compagnies pharmaceutiques. Plus globalement, la réputation des compagnies pharmaceutiques au cours des dernières années n'est pas très bonne en raison de nombreux scandales sur les prix de médicaments et la crise des opioïdes.

Le refus de Pfizer et de Moderna d'accorder des licences et de partager leurs brevets avec le COVID-19 Technology Access Pool (C-TAP), mis sur pied en mai 2020 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), est décrié par plusieurs pays et organisations internationales. Pour Marc-André-Gagnon, professeur à l'École d'administration et de politique publique de l'Université Carleton, à Ottawa : « On ne se poserait pas cette question si, au départ, les fabricants de vaccins avaient accepté de délivrer des licences tout en assurant un transfert technologique approprié afin que la production se fasse correctement. Ces firmes auraient ainsi profité du fait qu'il y aurait eu plus de labos qui auraient produit leur vaccin et qui leur auraient versé des redevances, et on aurait ainsi mis à contribution le maximum de capacités manufacturières vaccinales pour participer à l'effort de guerre » (Gravel, 2021, B5). Plusieurs sources confirment que Moderna a pu mettre au point son vaccin uniquement grâce à des fonds publics et à d'autres fonds provenant de fondations à but non lucratif. On évalue à 17,2 milliards de dollars sur 20 ans le financement public dans des recherches qui ont abouti à des technologies utilisées aujourd'hui par Moderna (Londeix, 2021, p.29). « Le brevet, qui est un mécanisme pour favoriser un financement par des actionnaires privés et les inciter à prendre le risque d'investir, n'a donc pas lieu d'être pour Moderna », ajoute M. Gagnon (Gravel, 2021, B5).

L'avenir nous indiquera si elles ont pu profiter de la crise de la pandémie pour modifier l'opinion publique par des actions socialement responsables et des prix raisonnables notamment à l'égard des pays en développement.

En ce qui concerne la concentration de la recherche, les données fournies par Dimensions.ai mettent en évidence une concentration chez trois éditeurs (smedRxiv, SSRN Electronic and Journal et bioRxiv), mais heureusement, les publications sont très majoritairement publiées en archive ouverte selon un mode d'accès libre en prépublications.

La recherche scientifique a-t-elle été bien véhiculée par les médias traditionnels et les médias sociaux?

Répondre adéquatement à cette question demande du recul et une analyse rigoureuse. En attendant, certaines observations laissent croire que devant l'urgence de la situation, les médias traditionnels ont intensifié leur couverture par du temps d'antenne, l'affectation de journalistes et aussi en s'associant à des praticiens des hôpitaux et à des spécialistes de la santé publique.

C'est plutôt du côté des médias sociaux qu'il y a eu dérapage. Une étude sur l'aspect « infodémie » publiée en mars 2021 par le Centre d'études sur les médias laisse entendre que « ... cette pandémie s'accompagne d'une crise de l'information d'une ampleur inédite et aux conséquences potentielles graves. Elle s'inscrit tout de même dans la continuité du débat sur les "fausses nouvelles" des dernières années; on y reconnaît des mouvements divers ancrés dans le scepticisme à l'égard des autorités publiques, politiques et scientifiques » (Brin, 2021, p. 28-29).

Anna Kata a étudié la question plus globalement et a publié en 2009 un article très éloquent sous le titre *A postmodern Pandora's box: anti-vaccination misinformation on the Internet.* Pour la chercheuse de l'Université McMaster en Ontario, Internet joue un rôle important dans la diffusion d'informations antivaccination. S'appuyant sur des recherches antérieures en analysant les arguments avancés sur les sites web antivaccination, en déterminant l'étendue de la désinformation présente et en examinant les discours utilisés pour soutenir les objections aux vaccins, elle relève des arguments autour des thèmes de la sécurité et de l'efficacité, de la médecine alternative, des libertés civiles, des théories du complot et de la moralité qui ont été trouvés sur la majorité des sites web analysés. La désinformation est largement répandue. Les manifestants antivaccination avancent des arguments postmodernes qui rejettent les « faits » biomédicaux et scientifiques en faveur de leurs propres interprétations (Kata, 2009).

Plusieurs autres questions méritent d'être soulevées, notamment celle de l'équilibre précaire entre la science et la politique. Généralement, les décisions politiques s'appuient sur des données probantes et les décideurs élaborent ainsi des politiques publiques en se basant sur des avis scientifiques. Il est trop tôt pour faire un bilan, mais retenons une question, celle du couvre-feu, mis en vigueur au Québec le 9 janvier 2021. Cette décision du gouvernement reposait sur des données probantes comparatives avec la France. S'appuyant sur les travaux de Nancy Cartwright et Jeremy Hardie (2012), la science basée sur des preuves (Evidence-Based Policy), la Commission sur l'éthique en science et technologie, dans son Hebdo du 11 février 2021, concluait qu'il n'est pas possible de justifier le déploiement d'une mesure de confinement au Québec en évoquant l'efficacité de celle-ci dans un autre pays (Commission sur l'éthique en science et technologie, 2021). D'ailleurs, pour le couvre-feu français, une étude publiée en prépublication dans medRxiv, menée par cinq chercheurs, concluait qu'un couvre-feu destiné aux personnes âgées ou vulnérables s'imposait, mais pas à l'ensemble du territoire de la France (Baunez 2020, p.10).

Cette pandémie a révélé que le monde scientifique pouvait mettre en commun ses expertises et combattre un fléau mondial. Les données bibliométriques et scientométriques recueillies de diverses sources font état d'un effort sans précédent de mise en commun des expertises et de diffusion de l'information en libre accès. La question de l'augmentation considérable de la publication préimprimée – sans validation par les pairs – est en soi inquiétante. Il s'avère toutefois que l'examen par les pairs ne permet pas d'éviter les fraudes ni les mauvaises publications. Lors de pandémies ou de crises majeures, il faut reconnaître l'urgence d'agir en s'appuyant sur la science, et les prépublications accélèrent la diffusion des connaissances. La visibilité des résultats par le plus grand nombre permet même de détecter plus rapidement les erreurs. C'est ce que démontre le retrait de plusieurs articles de revues prestigieuses comme The Lancet et The New England Journal of Medecine. Il faut plutôt regarder du côté des risques éthiques qui sont reliés à la concentration et à l'accélération de la recherche et de la production de vaccins, aux mains des compagnies pharmaceutiques. Le refus de Moderna et de Pfizer de partager leurs brevets est décrié par plusieurs. Le rôle grandissant des médias sociaux dans la propagation de la désinformation, ce que l'on résume sous le terme d'infodémie, pose problème en raison de leur grande visibilité.

Pour en savoir plus, un Biblio-guide est proposé sous le titre *Trouver de l'information sur la pandémie du coronavirus : Viro logie*Médecine*Psychologie*Santé publique*Sociologie* On y retrouve en 2 pages toutes les sources d'informations crédibles sur la question.

Références

Baunez, C., Degoulet, M., Luchini, S., Pintus, A. et Teschl, M. (2020). An early assessment of curfew and second COVID-19 lock-down on virus propagation in France. medRxiv. 2020.11.11.20230243.

Brainard, J. (2021) A Covid publishing revolution? Not Yet. Science, 373(6560), 1182-1183.

Brin, C. Dir. (2021). Portrait d'une infodémie : Retour sur la première vague de COVID-19. Centre d'étude sur les médias. https://www.docdroid.com/NkXvSWt/portrait-dune-infodemie-retour-sur-la-premiere-vague-de-la-covid-19-pdf

Cartwright, N. et Hardie, J. (2012). Evidence-based policy: a practical guide to doing it better. Oxford University Press.

Commission de la science et de la technologie. (2021). Couvre-feu, données probantes et données comparatives. https://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/actualites/ethique-hebdo/couvre-feu-donnees-probantes-et-analyses-comparatives/

Commission de la science et de la technologie. (2021). Les effets de la pandémie de COVID-19 sur la recherche scientifique. https://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/actualites/ethique-hebdo/les-effets-de-la-pandemie-de-covid-19-sur-la-recherche-scientifique/

Dimensions.ai. (2021). COVID-19 Report: Publications, Clinical Trials, Funding. https://reports.dimensions.ai/covid-19/

Grapton, D. (2021, 16 juillet). La pandémie de COVID-19 secoue le monde de l'édition scientifique. Affaires universitaires. https://www.affairesuniversitaires.ca/actualites/actualites-article/la-pandemie-de-covid-19-secoue-le-monde-de-ledition-scientifique/

Gravel, P. (2021, 10 décembre). Le dilemme des vaccins. Le Devoir, B5.

Kata A. (2010). A postmodern Pandora's box: anti-vaccination misinformation on the Internet. Vaccine, 28(7), 1709–1716. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.12.022

Londeix, P. et Martin, J. (2021, 21 mai). Le droit à la santé doit guider la réponse mondiale à la pandémie. Le Monde, 29.

Lundh A., Lexchin, J., Mintzes B., Schroll JB. et Bero, L. (2017). Industry sponsorship and research outcome. Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 2, Art. No.: MR000033. https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.MR000033.pub3/full/fr

Nancy, D. (2020, 21 mai). Des scientifiques au cœur de la lutte contre le coronavirus. UdeM Nouvelles. https://nouvelles.umontreal.ca/article/2020/05/21/des-scientifiques-au-coeur-de-la-lutte-contre-le-coronavirus/

Nature Publ. (2020). Editorial. Calling all coronavirus researchers: keep sharing, stay open. Nature 578(7).

Piller, C. et Servick, K. (2021, 4 juin). Two elite medical journals retract coronavirus papers over data integrity questions. Mysterious company Surgisphere declined to provide access to hospital data used to evaluate drugs in COVID-19 patients. Science. https://www.science.org/content/article/two-elite-medical-journals-retract-coronavirus-papers-over-data-integrity-questions

Retraction Watch. Retracted Coronavirus (COVID-19) Papers. https://retractionwatch.com/retracted-coronavirus-covid-19-papers

Steinberg, I. (2020, 29 avril). From the conversation: rushed COVID-19 research tests publishing safeguards, allows bad science to get through. HSC News. https://hscnews.usc.edu/from-the-conversation-rushed-covid-19-research-tests-publishing-safeguards-allows-bad-science-to-get-through

Strong, M.J. (2021, 27 avril). Demandez à un scientifique : La recherche sur les vaccins contre la COVID-19 a-t-elle été trop précipitée? IRSC News. https://cihr-irsc.gc.ca/f/52472.html

Worldometers. (2021). COVID-19 Coronavirus Pandemic. https://www.worldometers.info/

Mot de la directrice générale

Camille Turcotte | Directrice générale de l'AESTQ

« Au milieu de toute crise se trouve une grande opportunité. »

Albert Einstein

Une deuxième année sous le signe de la crise sanitaire. Une deuxième année durnt laquelle la solidité de notre organisation et la résilience de nos ressources, de nos bénévoles, de nos employées, ont été éprouvées.

Cette situation de crise nous a tous poussés à faire des choix. L'AESTQ a choisi d'innover et de tirer profit des opportunités crées par le contexte sanitaire et l'intrusion massive du numérique dans nos vies. Le congrès annuel, les colloques et la journée de formation ont cédé leur place aux Classes de maitres virtuelles. La mise en place de ces nouvelles activités a évidemment demandé beaucoup de temps et d'énergie, mais je suis fière du succès que les Classes de maitres ont connu. Je suis particulièrement fière d'avoir réussi, avec mon équipe, à y transposer le plaisir, le partage et la chaleur humaine caractéristiques de nos évènements en présentiels. Comme quoi l'innovation peut se vivre dans une certaine continuité...

Le numérique m'a permis également de multiplier les activités de représentation en éliminant les contraintes de temps liées aux déplacements. J'ai notamment pu participer au 88e congrès de l'ACFAS, comme conférencière et panéliste, au côté notamment de Janice Bailey, directrice scientifique du Fonds de recherche du Québec — Nature et Technologie et Valérie Bordes, journaliste scientifique.

Enfin, le plus grand défi à relever pour l'AESTQ a été la perte des revenus générés par le congrès et les colloques, soit environ 85 % de nos revenus totaux. Vérifications de notre admissibilité aux différentes subventions d'urgence, sollicitations de soutien financier auprès de nos partenaires, remaniements du budget m'ont occupé de nombreuses heures. Tout un défi de faire face à une telle catastrophe tout en priorisant le maintien en poste de notre permanence ! Calculer le nombre de semaines restant avant d'être forcée de nous mettre à pied, Caroline et moi ; recalculer le tout à chaque nouvelle entrée d'argent ; chercher de nouvelles solutions... J'avoue que ce cycle calcul-recalcul-recherche a eu un impact sur la qualité de mon sommeil à plusieurs reprises !

Mais nous avons réussi : Caroline et moi sommes toujours en poste et l'avons été sans interruption depuis mars 2020 ! Les subventions salariales d'urgence du Canada ont été une aide majeure. Mais je tiens également à remerciement Rémi Quirion, scientifique en chef du Québec pour son soutien. Rémi croit fermement à la pertinence de notre mission et il nous a accordé une aide financière extraordinaire qui nous a permis de poursuivre notre mission de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement de la science et de la technologie afin que la culture scientifique prenne une place importante au Québec.

Évidemment, notre rapport annuel ne peut faire mention de tous les éléments qui ont jalonné cette année particulière. Je tiens donc à remercier chacun et chacune d'entre vous. Membres, partenaires, amis et amies, votre présence et votre soutien nous ont permis de sortir grandis de cette situation difficile. Merci !

Pratique

Jugement professionnel : comment les encadrements légaux soutiennent-ils le personnel enseignant du secondaire au moment de témoigner du développement des compétences disciplinaires

Bénédicte Boissard, C.S.S. de la Rivière-du-Nord, et Nadine Talbot, Université du Québec à Trois-Rivières

Le contexte pandémique et l'annulation des épreuves uniques ont donné l'occasion à plusieurs enseignants et enseignantes d'approfondir leur réflexion quant aux traces d'apprentissages à recueillir pour exercer leur jugement professionnel et établir un bilan. Entre autres, plusieurs se sont demandé : quels sont les éléments observables permettant de juger si un élève est compétent dans le volet pratique ou théorique ? Quelles sont les attentes et comment traduire mon jugement par le biais d'une évaluation ?

Cette situation inhabituelle a amené le personnel enseignant à (re)découvrir les encadrements qui balisent l'évaluation des apprentissages des programmes de science et technologie au secondaire. C'est donc dans l'optique de mieux l'outiller au regard de l'évaluation des apprentissages en science et technologie qu'un guide d'accompagnement a été élaboré.

LE DÉFI DE S'APPROPRIER LES DIFFÉRENTS DOCUMENTS LÉGAUX QUI BALISENT L'ÉVALUATION

Pour évaluer les apprentissages prévus au Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), le cadre d'évaluation (CÉ) a été conçu pour prescrire « les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique » (MELS, 2011, p. 3). Alors qu'auparavant, lors de la publication du PFEQ en 2006, trois à quatre critères d'évaluation étaient proposés pour chacune des trois compétences disciplinaires. De quoi rendre perplexe n'importe qui lorsque venait le temps d'inscrire un résultat au bulletin de l'élève.

Contournant le problème de la multiplicité des critères et des composantes propres au PFEQ, le cadre d'évaluation disciplinaire, publié en 2011, est venu regrouper avantageusement les compétences autour de deux volets : le volet théorique et le volet pratique. Ce regroupement permettait, entre autres, d'inclure la compétence Communiquer tant dans le volet théorique que dans le volet pratique.

Or il se trouve qu'en regroupant les trois compétences du PFEQ sous deux volets, certaines composantes et sous-composantes ont été laissées de côté ou, à tout le moins, sont passées sous le radar. Par exemple, pour juger de la capacité à interpréter et à produire des messages à caractères scientifique ou technologique des élèves, certaines sous-composantes, comme Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources retenues et Juger de leur pertinence sont absentes du CÉ. Ces composantes ne sont pas associées aux critères et aux éléments observables du CÉ. L'appréciation du travail de l'élève afin de porter un jugement au bulletin ne devra donc pas tenir en compte ces composantes. Ce constat est problématique d'une part, parce que le CÉ régit la façon de communiquer le résultat au bulletin, et d'autre part, parce que le contenu du PFEQ est également prescrit par la loi. En résumé, le CÉ occulte certaines composantes et sous-composantes du PFEQ.

Cette situation pose également problème pour les professeurs, professeures, chargés de cours et chargées de cours en formation initiale, au moment d'expliquer ces deux documents prescrits. D'autre part, pour les enseignants et enseignantes déjà en fonction, cette situation devient complexe au moment d'établir correctement la marge de manœuvre disponible pour exercer leur jugement professionnel.

Volet pratique : CD1 - Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique			
Cadre d'évaluation des apprentissages		Objet d'évaluation dans le PFEQ	
Critères	Indicateurs (observables)	Sous-composante	Composante de la compétence
Représentation adéquate de la situation	Reformulation du problème	Formuler le problème	Cerner le problème
		Identifier les caractéristiques scientifiques ou technologiques du problème	
		Reconnaître les éléments qui semblent pertinents	
	Formulation d'hypothèses ou de pistes de solution	Retenir un scénario susceptible de permettre d'atteindre le but visé	Choisir un scénario d'investigation ou de conception
		Envisager divers scénarios	
		Tenir compte des contraintes inhérentes à chacun d'eux	
Élaboration d'une démarche pertinente	Planification des étapes de la démarche	Planifier sa démarche	Choisir un scénario d'investigation ou de conception
	Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)	Justifier ses choix	
Mise en œuvre adéquate de la démarche	Utilisation du matériel choisi	Suivre les étapes de la planification	Concrétiser sa démarche
	Respect des règles de sécurité		
	Utilisation des stratégies et des techniques appropriées		
	Consignation de données	Noter tout élément ou toute observation pouvant être utile	
	Ajustements lors de la mise en œuvre de la démarche	Au besoin, ajuster ses manipulations, revoir sa planification ou chercher une nouvelle piste de solution	
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises	Recherche les tendances significatives parmi les données	Analyser ses résultats ou sa solution
	Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats	Examiner les résultats à la lumière de la démarche	
	Production d'un prototype respectant le cahier des charges	Procéder à la mise à l'essai du prototype	
	Proposition d'améliorations ou de solutions nouvelles	Formuler de nouveaux problèmes ou proposer des améliorations - tirer des conclusions	

Tableau 1. Le cadre d'évaluation mis en correspondance avec le PFEQ (Talbot, Boissard et Sy, 2021, p. 10)

UNE SOLUTION : FAIRE CORRESPONDRE LE CÉ ET LE PFEQ

Pour en arriver à circonscrire ce qui doit faire l'objet de l'évaluation en science et technologie (ST), il a fallu faire correspondre les critères du CÉ avec ceux du PFEQ, et ce, pour chacun des programmes du domaine de la ST au secondaire. Pour chaque observable du CÉ, la sous-composante de la compétence associée a été identifiée dans le PFEQ. La démarche a été répétée pour tous les programmes obligatoires proposés en ST, soit ST 1er cycle, ST 2e cycle, ATS (applications technologiques et scientifiques) 2e cycle, et les cours d'options STE (science, technologie et environnement), SE (science et environnement), chimie et physique. Voir la figure 1 pour un exemple d'appariement CÉ-PFEQ, volet pratique, pour le programme de science et technologie du 1er cycle.

Ce tableau d'appariement a ensuite servi de point de départ pour bâtir des grilles d'appréciation descriptives (figure 2) cohérentes avec les encadrements, ainsi que des listes de vérification. Chacun des échelons est énoncé en fonction des observables du CÉ. La gradation des échelons respecte les niveaux de compétence privilégiés par le Ministère. Cinq niveaux facilitent la correspondance avec les notations littérales usuelles, soit A-B-C-D-E.

En lien avec les grilles d'appréciation descriptives, des listes de vérification permettent à l'élève de s'autoévaluer. Les énoncés de la liste de vérification correspondent au descriptif de l'échelon de niveau de compétence le plus élevé de la grille d'appréciation descriptive, soit une compétence marquée.

Finalement, la figure 4 présente une vue d'ensemble de l'évolution des critères du CÉ à travers les programmes de ST au secondaire et les niveaux d'enseignement. Somme toute, les critères et les observables sont très similaires d'un programme à l'autre.

L'UTILITÉ DU GUIDE POUR LE PERSONNEL ENSEIGNANT

PREMIÈRE FONCTION : ÉTABLIR LA PROGRESSION VERTICALE DES CRITÈRES

L'évolution des observables d'un cycle à l'autre et d'un programme à l'autre pour chacun des deux volets (figure 4) permet de constater rapidement les critères ou les observables ajoutés dans un programme de formation précis comparativement au programme de science et technologie de 1er cycle. Par exemple, pour encadrer la rédaction des rapports de laboratoire, une équipe-école pourrait utiliser cette proposition pour s'entendre sur les attentes d'un niveau à l'autre afin de faire progresser les élèves de façon cohérente et réaliste.

Volet pratique : CD1 - Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique						
Objet d'évaluation dans le PFEQ		Niveau de compétence				
Composante de la compétence	Sous-composante	Marquée	Assurée	Acceptable	Peu développée	Très peu développée
Cerner le problème	Formuler le problème	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est clairement traduit.	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est très bien traduit, mais quelques améliorations sont nécessaires.	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est traduit, mais est difficile à comprendre.	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est traduit, mais plusieurs aspects importants du problème ou du besoin à satisfaire sont absents.	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est retranscrit.
	Identifier les caractéristiques scientifiques ou technologiques du problème	Les informations de nature scientifique ou technologique sont clairement identifiées dans la formulation du problème.	Les informations de nature scientifique ou technologique sont très bien identifiées, mais quelques informations mineures sont manquantes dans la formulation du problème.	Les informations importantes de nature scientifique ou technologique sont identifiées, mais les informations mineures sont manquantes dans la formulation du problème.	Les informations importantes de nature scientifique ou technologique sont identifiées, mais les autres informations sont manquantes dans la formulation du problème.	Des informations importantes de nature scientifique ou technologique et des informations mineures sont manquantes dans la formulation du problème.
	Reconnaître les éléments qui semblent pertinents	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, sont pertinents au problème ou au besoin à satisfaire.	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, sont pertinents au problème ou au besoin à satisfaire, mais quelques éléments non pertinents ont aussi été identifiés.	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, sont pertinents au problème ou au besoin à satisfaire, mais plusieurs éléments non pertinents ont aussi été identifiés.	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, sont pertinents au problème ou au besoin à satisfaire, mais des éléments non pertinents ont aussi été identifiés.	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, ne sont pas pertinents au problème ou au besoin à satisfaire.

Tableau 2. Exemple de grilles descriptives (Talbot, Boissard et Sy, 2021, p. 14)

Volet pratique : CD1 - Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique				
Composante de la compétence	Sous-composante		Oui	Non
Cerner le problème	Formuler le problème	Le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire est clairement traduit.		
	Identifier les caractéristiques scientifiques ou technologiques du problème	Les informations de nature scientifique ou technologique sont clairement identifiées dans la formulation du problème.		
	Reconnaître les éléments qui semblent pertinents	Les éléments identifiés, dans la formulation du problème, sont pertinents au problème ou au besoin à satisfaire.		
Choisir un scénario d'investigation ou de conception	Retenir un scénario susceptible de permettre d'atteindre le but visé	Le scénario proposé vise l'atteinte du but visé.		
	Envisager divers scénarios	Plusieurs scénarios en relation avec le problème sont envisagés.		
	Tenir compte des contraintes inhérentes à chacun d'eux	Toutes les contraintes du problème sont considérées lors de la formulation des hypothèses ou des pistes de solution.		
Choisir un scénario d'investigation ou de conception	Planifier sa démarche	Toutes les étapes de la démarche ou de la solution de construction planifiée sont cohérentes et organisées avec tous les aspects du problème.		
	Justifier ses choix	Les choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.) sont clairement justifiés.		
Concrétiser sa démarche	Suivre les étapes de la planification	L'utilisation du matériel choisi est adéquate.		
		Les règles de sécurité sont rigoureusement respectées.		
		Les stratégies et les techniques utilisées sont les plus appropriées.		
	Noter tout élément ou toute observation pouvant être utile	Tous les éléments ou toutes les observations utiles sont consignés.		
	Au besoin, ajuster ses manipulations, revoir sa planification ou chercher une nouvelle piste de solution	Lorsque nécessaire, tous les ajustements sont apportés lors de la mise en œuvre de la démarche.		

Tableau 3. Exemple de liste de vérification (Talbot, Boissard et Sy, 2021, p. 20)

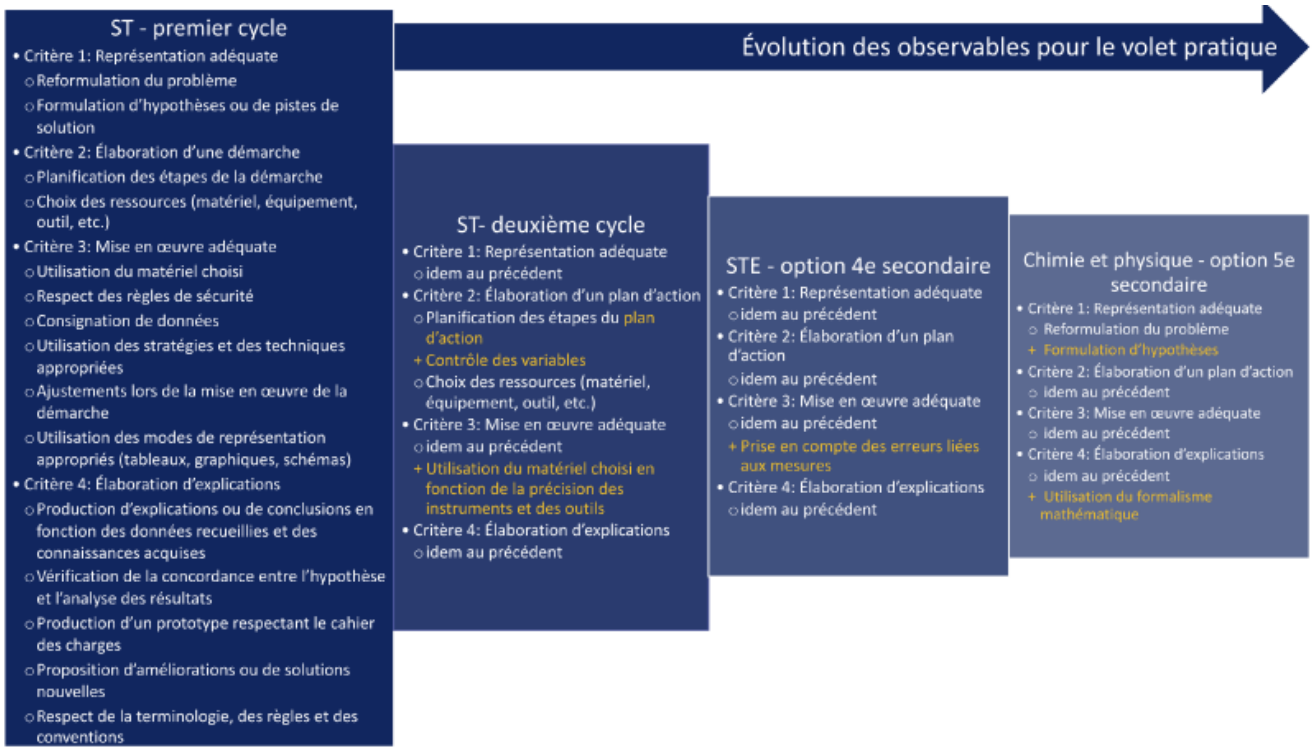


Tableau 4. Évolution des critères pour le volet pratique (Talbot, Boissard et Sy, 2021, p. 7)

DEUXIÈME FONCTION : SITUER QUELQUES REPÈRES THÉORIQUES SUR L'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES

Quelques repères théoriques aident à mieux comprendre la nature d'une compétence, celle d'une tâche complexe et celles des différentes fonctions de l'évaluation en contexte d'évaluation de compétences. Une compétence étant la capacité à mobiliser les ressources nécessaires à la réalisation d'une tâche, celle-ci ne peut donc être évaluée qu'à l'aide d'une tâche complexe (Scallon, 2004). Une telle tâche devra, entre autres, permettre à l'élève de proposer une solution différente de celle suggérée par un autre élève. Le guide d'accompagnement fournit d'ailleurs, dans sa dernière section, des situations d'apprentissage-évaluation permettant de juger des volets pratique et théorique.

TROISIÈME FONCTION : PROPOSER DES GRILLES D'ÉVALUATION DESCRIPTIVES

Les grilles d'appréciation descriptives sont proposées dans le guide pour chacun des critères d'évaluation et leurs observables du CÉ. Chacune des grilles permet d'évaluer le niveau de compétence atteint pour la globalité de la compétence. Toutefois, il n'est pas nécessaire ni même souhaitable d'évaluer tous les critères à la fois pour une tâche. Il est possible, dans l'esprit de l'alignement pédagogique, de choisir les critères et leurs manifestations observables selon les intentions pédagogiques établies au départ. Par exemple, si une tâche ne permet pas de formuler une hypothèse (comme dans le cas d'une devinette), ce critère devra être exclu de sa grille d'appréciation tout en conservant ceux ayant trait à l'élaboration d'un protocole ou d'une cueillette de données.

QUATRIÈME FONCTION : PROPOSER DES LISTES DE VÉRIFICATION

En lien avec les fonctions d'aide à l'apprentissage, les listes de vérification indiquent clairement à l'élève ce qui sera évalué dans la tâche complexe. Ce dernier pourra lire les critères d'évaluation et prendre connaissance de la description de ce que représente un travail de qualité. L'élève sait donc exactement ce qui est attendu de lui. La liste de vérification peut aussi être utilisée pour une coévaluation enseignant(e)-élève, une coévaluation élève-pairs ou encore pour une évaluation par les pairs. Au fil du temps, cette façon de faire permet à l'élève de s'autoréguler et de s'autoévaluer au regard des critères disciplinaires et de se responsabiliser quant aux apprentissages à réaliser.

Les avantages des grilles d'appréciation descriptives

L'utilisation de ce type de grilles offre une rétroaction à l'élève en lien avec les attentes visées. La nécessité de rétroaction personnalisée à chaque élève diminue, puisqu'une grande part de celle-ci est déjà donnée par les descriptifs dans les grilles.

Grâce à la rétroaction par les grilles d'appréciation descriptive, l'élève sait ce qui est clairement attendu et ce qu'il doit faire pour atteindre le niveau de compétence ciblé. Tant l'élève que l'enseignant ou l'enseignante peuvent observer l'évolution du développement de chaque sous-composante de la compétence et par extension de la compétence globalement. L'utilisation d'une grille d'appréciation descriptive est tout indiquée pour évaluer les compétences développées par l'élève.

L'évaluation d'une compétence réalisée à l'aide d'une tâche complexe ne peut être jugée au moyen de l'attribution de points pour des éléments de réponse corrects ou erronés. En effet, puisque chaque tâche complexe peut avoir plus d'une solution, attribuer des points pour des éléments précis de la réponse devient difficile, voire infaisable. Ainsi, la notation chiffrée, tel un pourcentage, perd de sa nécessité, puisqu'une compétence ne peut pas être développée, par exemple, à 70 %. Parce qu'une compétence est évolutive et jamais développée à 100 %, à chaque nouvelle situation d'évaluation, l'élève devra mobiliser différemment ses ressources et parfois recourir à des ressources différentes.

POUR UNE ÉVALUATION REPRÉSENTATIVE DES APPRENTISSAGES

Les grilles et les autres outils du guide établissent une base et un langage communs relativement à l'évaluation des apprentissages en ST. S'il est vrai que plusieurs centres de services scolaires ont proposé par le passé des exemples de grilles descriptives, aucune ressource ne semble les regrouper dans un seul outil. D'ailleurs, le milieu scolaire exprime depuis plusieurs années le besoin d'un seul et unique document pour s'y retrouver dans l'ensemble des documents ministériels.

Puisque l'évaluation des apprentissages est une compétence exclusive du personnel enseignant, il convient de s'assurer de la formation continue et d'un accompagnement des enseignants et des enseignantes en matière d'évaluation. Afin que l'évaluation des compétences des élèves concorde avec les exigences ministérielles et respecte l'alignement pédagogique, le guide d'accompagnement en évaluation des apprentissages en science et technologie, disponible sur le site de l'AESTQ, offre des outils pour faciliter la tâche de l'enseignant ou de l'enseignante lors de l'évaluation des apprentissages. L'alignement pédagogique respecté, le jugement porté au bulletin sera plus représentatif du niveau de compétence développé par l'élève.

En revisitant les CÉ et le PFEQ, en proposant des tâches complexes destinées à mobiliser des ressources en contexte, et en fournissant des grilles d'appréciation descriptive pour donner une rétroaction efficace, l'enseignant ou l'enseignante de ST se retrouve mieux outillé pour exercer son jugement professionnel. Enfin, grâce aux listes de vérification, l'enseignante ou l'enseignant pourra responsabiliser l'élève dans ses apprentissages en lui permettant, notamment, de s'autoévaluer.

RÉFÉRENCES

Ministère de l'Éducation. (2006). Programme de formation de l'école québécoise : Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie. Science et technologie. Premier cycle du secondaire. Gouvernement du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PFEQ/prfrmsec1ercyclev2.pdf

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2011). Cadre d'évaluation - Science et technologie - Secondaire - Premier Cycle. Gouvernement du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/CE_PFEQ_science-technologie-premier-cycle-secondaire_2011.pdf

Scallon, G. (2004). L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences.Éditions du renouveau pédagogique inc.

SUGGESTIONS DE LECTURE

Côté, F. (2014). Construire des grilles d'évaluation descriptives au collégial : guide d'élaboration et exemples de grille. Presses de l'Université du Québec.

Earl, L. M. (2013). Assessment as learning: Using classroom assessment to maximize student learning. Corwin Press, inc. their caregivers – to practice STEM at home. The Conversation. https://theconversation.com/getting-kids-and-their-caregivers-to-practice-stem-at-home-146886