

C O L L E C T I O N

FORMATION
À DISTANCE



DISTANCE
LEARNING

Sous la direction de
Florent MICHELOT et Simon COLLIN

Préface de
Daniel Peraya

La compétence numérique en contexte éducatif

Regards croisés
et perspectives internationales



Presses de
l'Université du Québec

Sous la direction de
Florent **MICHELOT** et Simon **COLLIN**

Préface de
Daniel Peraya

La compétence numérique en contexte éducatif

Regards croisés
et perspectives internationales

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Titre : La compétence numérique en contexte éducatif : regards croisés et perspectives
internationales / sous la direction de Florent Michelot et Simon Collin.

Noms : Michelot, Florent, 1982- éditeur intellectuel. | Collin, Simon, 1982- éditeur intellectuel.

Collections : Formation à distance (Presses de l'Université du Québec) ; 15.

Description : Mention de collection : Formation à distance = Distance Learning ; 15 | Comprend
des références bibliographiques.

Identifiants : Canadiana 20240025369 | ISBN 9782760561465 (PDF)

Vedettes-matière : RVM : Technologies de l'information et de la communication pour l'éducation. |

RVM : Connaissances en informatique. | RVM : Technologie éducative.

Classification : LCC LB1028.43.C635 2024 | CDD 371.33/4—dc23

Financé par le
gouvernement
du Canada

Funded by the
Government
of Canada

Canada

SODEC
Québec 

Révision

Michèle Beaudoin et Riham Alkhakaf

Conception graphique

Marie-Noëlle Morrier

Mise en page

Florent Michelot

Image de couverture

iStock

Dépôt légal : 4^e trimestre 2024

- › Bibliothèque et Archives nationales du Québec
- › Bibliothèque et Archives Canada

© 2024 – Presses de l'Université du Québec

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés

Imprimé au Canada

N6146-1 [01]

Version numérique en libre accès
Licence Creative Commons de libre diffusion



Chapitre

4

La programmation informatique

Une habileté en technologie à développer
chez les personnes enseignantes et
apprenantes

Raoul **KAMGA**, Sylvie **BARMA**,
Nancy **BROUILLETTE**, Alain **STOCKLESS** et
Stéphane **VILLENEUVE**

Dimensions abordées

Développer et mobiliser ses habiletés technologiques ; résoudre une variété de problèmes avec le numérique

Mots-clés

Habiletés technologiques ; programmation informatique ; formation du personnel enseignant

Niveaux de formation abordés

Préscolaire ; primaire ; formation des maîtres

Résumé

Les habiletés en technologie des personnes enseignantes et apprenantes doivent progresser continuellement. Dans cette optique, le présent chapitre met en avant une nouvelle habileté à développer par ces personnes : la programmation informatique. Après avoir exposé les façons dont les habiletés en technologie du personnel enseignant sont perçues au Québec et à l'extérieur du Québec, nous soulignerons la pertinence sociale de l'apprentissage de la programmation informatique. Aussi, nous relèverons les potentialités des usages pédagogiques de la programmation informatique pour l'apprentissage et pour l'enseignement. La dernière partie de notre chapitre présentera une étude de cas d'usages pédagogiques de la programmation informatique à l'école primaire au Québec.

Summary

Teachers' and students' technology skills need to be continually advanced. This chapter presents a new technological skill for teachers and students to acquire: computer programming. After outlining how teachers' technological skills are

perceived in Quebec and outside Quebec, we will highlight the social relevance of learning computer programming. We will also point out the potentialities of the pedagogical uses of computer programming for learning and teaching. The last part of our chapter will present a case study of the pedagogical uses of computer programming in elementary schools in Quebec.

Les usages des outils numériques constituent un atout pour le système éducatif lorsqu'ils sont exploités à leur plein potentiel. Or, la valeur de cet atout nécessite une réflexion critique et créative sur la mobilisation de celui-ci. Cela implique que le personnel enseignant doit développer de manière adéquate sa capacité à mettre en œuvre la compétence numérique (Vitanova *et al.*, 2015). Bien que de nombreux pays s'entendent sur la pertinence de développer la compétence numérique du personnel enseignant, ils ne s'accordent pratiquement pas sur la définition de cette compétence, sur sa conceptualisation ou sur ses caractéristiques (Cabero-Almenara *et al.*, 2020 ; Tondeur *et al.*, 2018). Toutefois, un élément qui revient soit implicitement ou explicitement dans les différentes conceptualisations de la compétence numérique est lié aux habiletés en technologie. Dans le présent chapitre, nous ne cherchons pas à faire une autopsie de la compétence numérique, mais plutôt à proposer une analyse critique des habiletés en technologie attendues du personnel enseignant selon le contexte et leur degré d'appropriation. Nous présenterons aussi la relation entre les habiletés en technologie du personnel enseignant et la programmation informatique dans les salles de classe.

La compétence numérique en question

1. Quelles habiletés technologiques du 21^e siècle, les personnes enseignantes et apprenantes doivent-elles développer ?
2. En quoi la programmation informatique pourrait-elle contribuer à la formation des personnes apprenantes et enseignantes ?

1 Habiletés en technologie

1.1 Habiletés en technologie dans le contexte éducatif québécois

Les habiletés en technologie attendues du personnel enseignant sont décrites dans le nouveau référentiel de compétences de la profession enseignante (ministère de l'Éducation, 2020), particulièrement dans la douzième compétence : *Mobiliser le numérique* (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [MEES], 2019). Cette version peut être considérée comme présentant une évolution comparativement à la précédente, car l'accent était auparavant limité à la maîtrise d'outils de traitement de textes, de messagerie Internet (courrier électronique), de communication sociale (réseaux sociaux), d'outils de production de contenu, et de recherche d'information (Martinet *et al.*, 2001). Il s'agit des habiletés en technologie qui, pour la plupart, sont toujours d'actualité, mais sous une forme plus évoluée. Par exemple, c'est le cas de celles qui sont requises dans l'utilisation de nouveaux réseaux sociaux. Plusieurs personnes apprenantes et enseignantes sont actives sur ces réseaux qui exigent de

plusieurs personnes utilisatrices de détenir des habiletés en technologie de création et de publication de courtes vidéos précises, stimulantes et pertinentes.

La version actuelle des habiletés en technologie attendues du personnel enseignant dans le nouveau référentiel de compétences les aborde maintenant comme des habiletés transversales à toutes les autres. Il s'agit des habiletés qui doivent être développées par le personnel enseignant et ensuite mobilisées en contexte pour servir d'autres aspects de sa pratique (ministère de l'Éducation, 2020). Dans le *Cadre de référence de la compétence numérique* (MEES, 2019 ; ci-après «le Cadre»), les habiletés technologiques renvoient explicitement à la maîtrise ou à la compréhension d'outils liés entre autres à : la sécurisation de données personnelles, l'intelligence artificielle et la programmation informatique. Ces deux derniers éléments sont propres à la nouvelle version des habiletés technologiques attendues du personnel enseignant. Il s'agit ici d'une preuve concrète d'une complexification de ce qui est attendu du personnel enseignant en matière d'habiletés en technologie. Nous reviendrons plus tard sur la place de la programmation informatique dans les habiletés en technologie actuelles du personnel enseignant ; pour l'instant, nous voulons aborder la mobilisation des habiletés en technologie par le personnel enseignant.

Si auparavant la mobilisation des habiletés en technologie par le personnel enseignant renvoyait à l'utilisation de ces habiletés dans la production des contenus, dans la collaboration ou dans la communication, aujourd'hui, elle fait aussi appel à la capacité des personnes enseignantes à explorer, avec les personnes apprenantes, le fonctionnement électromécanique ou informatique des appareils du quotidien et de toutes les nouvelles technologies. Cependant, de nombreux appareils du quotidien, à l'instar des téléphones cellulaires, des tablettes informatiques et des objets connectés, possèdent des composantes qui nécessitent de la programmation informatique. Ainsi la compréhension du fonctionnement de ces appareils renvoie-t-elle aussi à la compréhension du fonctionnement d'un programme informatique ou alors à la maîtrise de certaines bases de la programmation informatique.

1.2 Habiletés en technologie dans les contextes hors Québec

La conceptualisation d'habiletés en technologie à l'extérieur du Québec a été abordée de manières variées par plusieurs pays et organismes internationaux. Selon l'UNESCO (2018), les habiletés en technologie du personnel enseignant devraient permettre à celui-ci d'accomplir trois choses : acquérir les connaissances, améliorer la pratique et créer des connaissances. En effet, cette approche considère les habiletés en technologie comme utiles à l'acquisition des connaissances et à la créativité du personnel enseignant. La Société internationale pour la technologie dans l'éducation, quant à elle, présente une approche différente de conceptualisation des habiletés en technologie du personnel enseignant. En effet, elle considère celles-ci comme utiles pour accompagner le personnel enseignant tout au long de sa vie personnelle et professionnelle tandis qu'il joue sept rôles principaux : apprenant, facilitateur, leader, collaborateur, concepteur d'activités pédagogiques, évaluateur et citoyen (Wong et Daud, 2018). Chacun de ces rôles peut être assumé par le personnel enseignant selon la tâche dans laquelle il est engagé et selon son niveau de maîtrise des outils numériques sollicités. Quant au système britannique, il considère les habiletés en technologie du personnel enseignant comme les capacités à identifier, organiser et analyser les informations numériques et à évaluer leur pertinence. De plus, ce système identifie

trois niveaux d'habiletés en technologie du personnel enseignant. Le niveau le plus avancé d'habiletés attendues est celui auquel le personnel enseignant peut accompagner les autres personnes enseignantes dans le développement des habiletés en technologie de celles-ci. Le niveau le plus bas, quant à lui, consiste à simplement adopter ces habiletés en technologie. Ces deux niveaux sont séparés par celui de l'exploitation ; ce niveau nécessite du personnel enseignant que celui-ci mette ses habiletés en technologie au service de sa pratique pédagogique (Éducation et Foundation, 2019).

Ces trois conceptualisations des habiletés en technologie nous renseignent sur trois éléments. Le premier élément suppose que les habiletés en technologie du personnel enseignant ne sont pas statiques et doivent progresser dans un continuum constitué de divers niveaux d'expertise. Le deuxième élément tient au fait que les habiletés en technologie peuvent se manifester et nécessitent un certain niveau de complexité selon le rôle que joue le personnel enseignant. Par exemple, lorsque celui-ci joue le rôle d'apprenant, les habiletés en technologie qu'il doit mobiliser ou développer sont différentes de celles nécessaires à un rôle de leader ou de concepteur. Enfin, le troisième élément est lié aux habiletés en technologie du personnel enseignant, habiletés dont le but est d'aider le personnel à progresser en tant que citoyen et professionnel de l'enseignement et à faire progresser les personnes apprenantes sous son aile.

1.3 Analyse comparative des niveaux de développement des habiletés en technologie au Québec et hors Québec

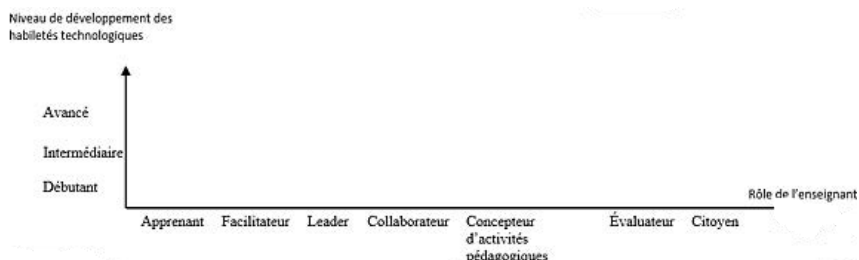
Dans cette section, nous souhaitons analyser la façon dont les divers référentiels cités ci-dessus perçoivent le niveau de développement des habiletés en technologie chez le personnel enseignant. À l'exception de la Société internationale pour la technologie dans l'éducation (iste.org), qui perçoit ce développement des habiletés en technologie comme dépendant du rôle qu'elle joue, les référentiels soulignés ci-dessus perçoivent ce développement comme un processus en trois étapes. Selon l'UNESCO, ce processus est marqué par l'acquisition de connaissances, l'amélioration de la pratique et la création des connaissances. En outre, ces trois étapes peuvent être identifiées dans chacun des niveaux proposés par le *Continuum* associé au référentiel de la compétence numérique du Québec, soit débutant, intermédiaire et avancé (MEES, 2019). En effet, tant l'acquisition de connaissances, que l'amélioration de la pratique ou la création des connaissances peut impliquer un niveau débutant, intermédiaire ou avancé. Il en est de même pour les étapes présentées par le système britannique : adoption, exploitation et accompagnateur. Par exemple, l'adoption d'un outil numérique peut elle aussi être de niveau débutant, intermédiaire ou avancé.

En comparant les sept rôles identifiés par la Société internationale pour la technologie dans l'éducation aux divers niveaux de développement des habiletés en technologie soulignés par le référentiel du Québec, on observe que les approches sont différentes, mais complémentaires. Ainsi, la Société internationale pour la technologie dans l'éducation perçoit le développement des habiletés en technologie comme un objet à plusieurs facettes de même importance, et tributaire de la situation dans laquelle le personnel enseignant serait engagé. De son côté, le référentiel du Québec perçoit ce développement comme un processus croissant allant du niveau débutant à celui d'« avancé ». En couplant ces deux approches, on peut penser à un développement à

la fois horizontal et vertical qui varie selon le rôle du personnel enseignant et son niveau de développement dans chacun des rôles. La figure 1 ci-dessous illustre nos propos. À noter qu'il n'existe pas de gradation dans les rôles du personnel enseignant. En fait, celui-ci, selon son rôle, peut s'avérer avancé en tant qu'apprenant, débutant comme concepteur d'activités pédagogiques, et intermédiaire comme évaluateur ou comme citoyen, par exemple.

Figure 1

Développement des habiletés en technologie du personnel enseignant selon leurs rôles



2 Une nouvelle habileté en technologie à développer par le personnel enseignant : la programmation informatique comme levier des apprentissages ?

2.1 Définition de la programmation informatique

Après avoir réussi à utiliser des logiciels de traitement de texte, de présentation et de montage vidéo, c'est le moment pour le personnel enseignant d'apprendre les bases de la programmation informatique et de les intégrer dans la formation des personnes apprenantes dès l'éducation préscolaire. Il ne s'agit pas ici de transformer le personnel enseignant en programmeurs, mais de l'aider à mieux saisir les bases de la programmation informatique et la façon de les mobiliser pour favoriser les apprentissages des personnes apprenantes. La programmation informatique est une habileté essentielle au 21^e siècle (Bers, 2019). Elle est assez complexe, tant du point de vue de son apprentissage que de celui de son enseignement (Swacha *et al.*, 2019). De plus, elle se définit comme le processus par lequel un agent (humain ou informatique), par l'entremise d'un code, donne des instructions à un ordinateur, à un logiciel ou même à un humain, pour réaliser une tâche (Cote, 2021). Dans cette définition de la programmation informatique, on peut distinguer trois formes d'interactions supposant, d'une part, une technologie de programmation ou une technologie programmable et, d'autre part, l'humain. La première forme est celle caractérisée par un humain qui programme un agent informatique. Actuellement, plusieurs acteurs font le lien avec à cette forme lorsqu'ils parlent de programmation dans les établissements d'enseignement. Quant à la deuxième et à la troisième forme de programmation, elles sont observées lorsqu'un agent informatique est capable de penser par lui-même et de prendre des initiatives. Ces formes sont très présentes dans l'intelligence artificielle. La particularité de la deuxième forme de programmation consiste dans le fait qu'un agent

informatique programme un humain pour réaliser certaines tâches. Il s'avère que cette forme de programmation informatique soulève plusieurs enjeux comme la domination de l'humain par l'informatique. Quant à la troisième forme, il s'agit d'un agent informatique qui programme un autre agent pour exécuter certaines tâches.

Ces tâches réalisées par les agents informatiques ont une influence sur notre environnement quotidien. Ainsi, il est indispensable d'identifier les enjeux et les perspectives de la programmation informatique dans la société et son potentiel pour les établissements d'enseignement.

2.2 La programmation informatique dans la société : enjeux et perspectives

De nombreux outils qui fonctionnent grâce à des programmes informatiques soulèvent des enjeux sociétaux selon la façon dont ils sont utilisés. Ces outils peuvent aller d'un simple logiciel à un robot humanoïde. Présents dans toutes les sphères de la société, ils permettent désormais de considérer le monde numérique comme partie intégrante de l'environnement dans lequel évolue la personne citoyenne. Par exemple, dans les centres commerciaux, plusieurs personnes responsables de caisses sont remplacées par des caisses libre-service et dans le service à la clientèle, les *chatbots* (dialogueurs) remplacent des humains. Ces interactions humain-machine soulèvent plusieurs enjeux, entre autres : le remplacement de l'humain par la machine, les pertes d'emploi et la protection des données. Sachant cela, nous croyons qu'il est important pour les personnes citoyennes d'améliorer leurs connaissances sur ces interactions. Toutefois, pour que les personnes citoyennes puissent se prononcer sur les enjeux sociétaux de la programmation informatique, il faudrait leur offrir l'occasion d'acquérir des connaissances sur le sujet. Ainsi, des enjeux comme la cybersécurité, l'obsolescence programmée, le vol de données, la visibilité des informations numériques, l'avenir des robots dans la société ou alors l'utilisation opportune d'algorithmes informatiques pour remplacer les humains doivent être abordés dans la société (Pellet et Parriaux, 2020).

Les perspectives de la programmation informatique dans la société étant variées, il devient difficile de déterminer avec exactitude où se trouvent leurs limites. Par exemple, la programmation informatique était autrefois vue uniquement comme un outil pour concevoir des machines qui allaient permettre aux humains de se libérer des tâches qu'ils ne souhaitent plus faire ou alors de celles considérées comme répétitives. Or, de nos jours, les utilisations croissantes des algorithmes informatiques d'apprentissage machine ou d'apprentissage profond (*deep learning*) ont ouvert d'autres possibilités d'usages de la programmation informatique comme la conception des machines capables de prendre des initiatives.

Bien que les limites des usages de la programmation informatique demeurent difficiles à préciser, l'évolution de ces usages peut être contrôlée par des personnes formées et sensibilisées aux enjeux sociétaux de ceux-ci. Les établissements d'enseignement ont donc un rôle important à jouer dans la formation de personnes citoyennes, et ce, dès le plus jeune âge. Toutefois, l'intégration de la programmation informatique à l'école doit être cadrée, bien pensée et réfléchie pour que le personnel enseignant puisse adéquatement exploiter son potentiel pour l'apprentissage des élèves, étudiants et étudiantes.

2.3 La programmation informatique dans les établissements d'enseignement : potentialités

Ces dernières années, on observe un regain de l'intégration de la programmation informatique (PI) dans les établissements d'enseignement, et ce, parfois de façon obligatoire depuis l'enseignement primaire (Pellet et Parriaux, 2020). Selon certaines recherches, l'intégration de la PI dans les établissements d'enseignement permettrait de développer entre autres la pensée informatique et la résolution de problèmes (Bers, 2019 ; Tsai *et al.*, 2008). Ainsi, il est question de développer des compétences qui, sans être spécifiques à l'informatique, peuvent contribuer à améliorer les outils cognitifs des personnes apprenantes par des stratégies de résolution de problèmes complexes (Pellet et Parriaux, 2020). Dans cette section, nous allons aborder la relation entre la programmation informatique, la pensée informatique et la résolution de problèmes.

Programmation informatique et pensée informatique. L'accessibilité des outils de programmation informatique et le besoin des personnes citoyennes de comprendre le numérique qui les entourent ont contribué à l'intérêt croissant pour l'apprentissage de la programmation informatique dans les établissements d'enseignement (Barma, 2018, 2021 ; Resnick *et al.*, 2009 ; Romero *et al.*, 2018). Cet apprentissage contribue à l'amélioration de la pensée informatique. Celle-ci, importante dans la vie de chaque personne citoyenne, suppose de mobiliser les concepts fondamentaux de l'informatique pour la résolution de problèmes, la conception des systèmes et la compréhension du comportement humain (Wing, 2006). En outre, elle permet aux personnes apprenantes de découvrir de nouvelles notions à l'instar du codage (Romero *et al.*, 2018). Par ailleurs, la pensée informatique est caractérisée par cinq dimensions : la pensée algorithmique, l'abstraction, l'évaluation, la décomposition et la généralisation (Wing, 2006). Le développement de cette pensée contribue à la compréhension et à l'usage de nouveaux concepts, et à de nouvelles pratiques avec l'informatique (Grugier et Villemonteix, 2017). Par exemple, une recherche réalisée dans les écoles primaires en Grèce, durant laquelle les élèves étaient engagés dans la programmation de robots, a souligné un développement de la pensée informatique et en particulier de la pensée algorithmique (Komis et Misirli, 2011).

Programmation informatique et résolution de problèmes (démarche scientifique). L'apprentissage de la programmation engage les personnes apprenantes et enseignantes dans la résolution de problèmes. En fait, bien que le personnel enseignant soit responsable du choix de tâches de programmation informatique à réaliser en classe, il apprend, tout comme les personnes apprenantes, à résoudre les problèmes dans le cas des tâches complexes de programmation. Par exemple, un personnel enseignant qui propose aux personnes apprenantes d'utiliser la programmation pour réaliser une carte de vœux destinée aux grands-parents, les implique dans une tâche ouverte, avec un grand degré de liberté et laissant place à leur créativité. Durant le processus de réalisation de la carte de vœux, la complexité des problèmes rencontrés par les personnes apprenantes peut varier énormément d'une personne à une autre. Tandis que certaines pourraient se trouver confrontées aux problèmes de compréhension du fonctionnement du logiciel de programmation informatique, d'autres pourraient être aux prises avec la programmation d'un visuel dynamique ou avec la représentation de la carte de vœux. Quant au personnel enseignant, il doit naviguer entre tous ces problèmes pour accompagner les personnes apprenantes dans la recherche de solutions. Cela le place dans de multiples situations de résolution de problèmes.

L'étude de Grugier et Villemonteix (2017) souligne que l'enseignement de la programmation informatique a contribué à développer la démarche de résolution de problèmes scientifiques et technologiques des élèves du primaire. Celle de Barma (2018) mentionne ses bienfaits pour des classes du primaire et du secondaire : l'engagement des élèves et la valorisation de leur estime de soi.

3 Étude de cas de deux tâches de programmation informatique vécues par le personnel enseignant à l'école

Les tâches de programmation informatique proposées aux élèves peuvent leur offrir un vaste horizon d'apprentissages possibles. Dans cette optique, la présente section relate l'exploitation pédagogique de la programmation sur Scratch qu'ont réalisée quatre enseignantes et leurs élèves. L'expérience qu'ils ont vécue permettra d'illustrer comment les élèves et le personnel enseignant peuvent progresser au regard des dimensions de la compétence numérique comme la dimension *Développer et mobiliser ses habiletés technologiques*.

3.1 Contexte et description des tâches pédagogiques de programmation informatique réalisées

Deux des quatre enseignantes provenaient du deuxième cycle du primaire de la même école. Elles en étaient à leur première exploitation en classe du logiciel de programmation informatique Scratch mais avaient suivi une formation en intégration pédagogique de la formation continue. Elles ont proposé à leurs élèves un court projet d'écriture mis en scène par une animation réalisée dans ce programme. Pour ce projet, les élèves devaient composer quelques phrases en exploitant le vocabulaire à l'étude et sur la thématique du développement durable : la promotion d'une bonne habitude environnementale.

Quant aux deux autres enseignantes, elles travaillaient au troisième cycle du primaire dans une autre école. En début de projet, l'une d'elles avait déjà une bonne connaissance du logiciel de programmation Scratch tandis que l'autre en était à ses débuts dans l'exploitation de ce logiciel. Elles ont réalisé, dans les deux classes conjointement, un projet multidisciplinaire de plus grande envergure dans lequel les élèves devaient créer un jeu-questionnaire portant sur un thème en sciences et technologie. Celui-ci pouvait aborder, par exemple, les catastrophes naturelles ou l'astronomie. Aussi, plusieurs autres disciplines telles que le français, les mathématiques et les arts plastiques ont été mobilisées dans le cadre de ce projet.

3.2 Intention pédagogique de chaque tâche

Les intentions pédagogiques de la tâche réalisée par les élèves du deuxième cycle étaient multiples tout en étant liées à la compétence numérique et à des compétences disciplinaires. Tout d'abord, les enseignantes souhaitaient que les élèves développent leurs habiletés en technologie de programmation informatique. De plus, la tâche visait à ce qu'ils travaillent leur compétence liée à l'écriture (écrire des textes variés) dans un contexte motivant, tout en exploitant du vocabulaire à l'étude, et aussi à ce qu'ils réinvestissent des apprentissages réalisés en sciences et technologie.

En ce qui concerne les enseignantes du troisième cycle, la réalisation de leur projet a nécessité une durée de temps importante. Toutefois, elles estiment que celui-ci a été rentable, considérant les différentes dimensions de la compétence numérique ainsi que le nombre de compétences disciplinaires et de concepts travaillés. La principale intention pédagogique de ce projet était que les élèves créent un jeu-questionnaire traitant d'un thème en sciences et technologie, tout en exploitant la programmation Scratch. Sous-tendant ce mandat, les trois compétences en français (lire des textes variés, écrire des textes variés et communiquer oralement) étaient censées être mobilisées par les élèves ainsi que plusieurs concepts, dont la phrase interrogative. D'autres compétences et concepts ont également été visés en mathématiques, sciences et technologie et arts plastiques.

3.3 Apprentissages faits par les élèves et le personnel enseignant : habiletés en technologie et résolution de problèmes variés

S'approprier les nouvelles technologies pour maintenir à jour ses habiletés en technologie. Un point commun entre toutes ces enseignantes est qu'elles exploitent davantage le numérique depuis quelques années et qu'elles s'impliquent activement dans leur formation continue. Ne se considérant pas comme expertes avec le numérique, elles sont ouvertes à en apprendre plus pour se tenir à jour. Dans le cas de l'expérience que nous relatons ici, elles souhaitent apprendre au regard de la programmation informatique afin de voir la façon dont les logiciels de programmation pouvaient être exploités dans des scénarios pédagogiques riches et stimulants pour les élèves.

Pour les enseignantes du deuxième cycle du primaire, la programmation Scratch était toute nouvelle et elles avaient participé à une formation sur ce sujet. Une offre d'accompagnement pour le démarrage en classe leur a été faite également dans le cadre de la formation. Après la fin de cette expérimentation, Alexandra¹ relate qu'elle ne se serait pas lancée dans cette aventure si sa conseillère pédagogique ne l'avait pas abordée et soutenue pour amorcer ce projet. Comme ses élèves et elle n'avaient pas d'autres expériences de programmation, ce soutien fut précieux, car au départ « ça fait un peu peur », avoue-t-elle. Toutefois, elle était convaincue que ses élèves seraient motivés par une tâche de programmation informatique, étant donné que ceux-ci avaient beaucoup développé, eux aussi, leur compétence numérique depuis les deux dernières années. Ainsi, une part du courage de s'investir dans ce nouvel apprentissage provient du désir d'Alexandra de permettre à ses élèves de développer leur compétence numérique dans un contexte stimulant et avec de nouveaux outils numériques. « Ils sont rendus bons [sic] ; ils font maintenant de belles présentations en ligne avec Google Présentations. Je crois qu'ils vont être habiles aussi avec Scratch et qu'ils vont adorer ça ! » prédisait-elle avant de s'engager dans cette expérimentation. Dans le cas d'Évelyne, ses élèves avaient plus tôt cette même année appris à programmer le robot Dash. Ils ont donc pu réinvestir ces premières expériences de programmation dans les tâches avec Scratch. Ainsi, les tâches d'initiation à Scratch et la conception d'une animation (projet d'écriture) ont permis à ces deux enseignantes ainsi qu'à leurs élèves d'acquérir une base solide en programmation informatique, ce qui a contribué au développement de

¹ Il s'agit d'un pseudonyme. Les prénoms qui suivent sont également des pseudonymes.

leurs habiletés en technologie et en résolution de problèmes impliquant la programmation informatique.

Pour ce qui est du duo d'enseignantes du troisième cycle du primaire, Julie avait participé il y a déjà plusieurs années à un groupe de travail en lien avec l'entrepreneuriat, où chaque classe concernée était parrainée par un spécialiste en programmation informatique. En équipes, les élèves devaient créer un jeu pédagogique avec Scratch. Ce faisant, ils ont fait de nombreux apprentissages liés au Programme de formation de l'école québécoise, mais à d'autres également, relatifs au contexte de travail d'un programmeur. En 2020-2021, Julie a proposé à Andréanne, une collègue du même cycle avec qui elle collabore fréquemment, de démarrer un projet multidisciplinaire Scratch. Par la suite, les deux enseignantes ont fait partager cette idée à leur conseillère pédagogique et, ce faisant, la planification de ce projet multidisciplinaire, vécu par les deux classes de troisième cycle de cette école, s'est réalisée dans un comité de développement dédié à la programmation pédagogique en classe. Des capsules de formation étaient également intégrées à ce comité de travail. La première expérimentation de ce projet s'est déroulée au printemps 2021. Andréanne a beaucoup appris au sujet de Scratch lors de cette première année. Elle a été reconnaissante du travail conjoint entre les deux classes, qui lui permettait de bénéficier du soutien de sa collègue plus expérimentée. À l'an un, le projet n'a pu être complété. Ainsi, pour la deuxième expérimentation, les enseignantes ont commencé ce projet plus tôt dans l'année. Les rencontres en comité de travail se sont poursuivies afin de bonifier et de compléter la documentation liée au projet. Au terme de cette deuxième année, le projet de toutes les équipes des deux classes a été complété, ce qui a donné lieu à la création de programmes informatiques avancés. Sans contredit, les deux enseignantes et leurs élèves ont hautement développé la deuxième dimension du *Cadre* de leur compétence numérique.

Les apprentissages faits au regard de la pensée informatique ont été riches, tant pour ces enseignantes que pour leurs élèves. Le processus derrière ces apprentissages est d'intérêt et mérite un temps d'arrêt. À cet effet, la section suivante expose la façon dont l'évolution de la deuxième dimension du *Cadre* de la compétence numérique (*Développer et mobiliser ses habiletés technologiques*) s'est réalisée dans le cas de ces quatre enseignantes et de leurs élèves au regard de la programmation informatique.

Développer sa pensée informatique et la résolution de problèmes variés. Au cours de ces projets, les élèves ont pu développer leur pensée informatique en apprenant au regard de la programmation, et les enseignantes aussi !

En ce qui a trait aux élèves du deuxième cycle, aucun n'avait encore travaillé avec Scratch. Les élèves de la classe d'Évelyne (quatrième année) ont pu prendre appui sur leurs apprentissages récents réalisés par l'entremise de la programmation du robot Dash. Ils ont donc été en mesure de transférer vers la programmation Scratch des connaissances et habiletés développées en exploitant ce robot. Par exemple, ils savaient que la programmation doit débiter par un bloc de départ et que le programmeur dispose d'un choix de commandes pour ce faire. Ils savaient également qu'il existe différentes catégories de blocs, associés à différents types d'actions, et que dans un programme simple, les blocs choisis doivent être collés les uns aux autres. Pour les élèves de la classe d'Alexandra (troisième année), tout était nouveau dans Scratch !

Cependant, malgré cette disparité, nous avons pu assister au sein de deux classes à un grand enthousiasme de l'ensemble des élèves dans ce défi qui leur était donné d'apprendre à programmer avec Scratch. Dans un premier temps, dans les deux

classes, les codes d'accès à la plateforme ont été remis aux élèves et l'enseignante s'est assurée que chacun accédait bien à son compte. Par la suite, une brève présentation de Scratch a été faite aux élèves, suivie rapidement d'un premier temps d'exploration libre. Dans un deuxième temps, le projet d'écriture a été présenté aux élèves et ceux-ci ont pu travailler à la programmation de leur animation, qui, rappelons-le, visait à faire la promotion d'une saine habitude environnementale. Les élèves ont d'abord rédigé leurs phrases, puis les ont intégrées dans leur animation Scratch. Pour cette tâche, ils avaient à réaliser un programme simple, comprenant entre autres au moins deux personnages, un déplacement, quatre phrases écrites et un arrière-plan. Au total, environ trois demi-journées ont été consacrées à cette production. Au cours du travail, des conseils et astuces leur ont été donnés par les adultes présents, en fonction des questions qui émergeaient du groupe. En outre, plusieurs trouvailles ont été échangées entre les élèves. Tout ce partage afin de résoudre les différentes problématiques rencontrées s'est avéré un processus très riche.

En ce qui concerne les élèves du troisième cycle, les deux classes (l'une de cinquième année et l'autre de sixième année) ont travaillé ensemble tout au long du projet. Dans leur cas, certains élèves, maintenant en sixième année, avaient déjà une expertise relativement avancée avec Scratch étant donné que les enseignantes, Julie et Andréanne, avaient déjà réalisé une première expérience de ce projet l'année précédente. Après s'être assurées que tous les élèves accédaient bien à leur compte Scratch et après avoir effectué une brève visite de la plateforme, les enseignantes ont demandé aux élèves de réaliser toutes les animations expliquées pas à pas dans des cartes² produites par Scratch. Les élèves étaient appariés en équipes de deux, l'un de cinquième année et l'autre de sixième année. Les dyades pouvaient travailler à leur rythme et devaient consigner leur progression sur un tableau affiché en classe. « Ils en ont fait des animations en préparation, mais ça a valu le coup ; ils étaient rendus pas mal bons après ! [sic] », explique Julie. Les enseignantes soulignent que les jeux-questionnaires conçus par les élèves à la suite de tâches d'initiation étaient de très bonne qualité. En fait, les élèves ont été capables d'utiliser adéquatement des fonctions de programmation intermédiaires et avancées telles que les blocs de commandes conditionnelles, l'exploitation de capteurs pour interagir avec l'utilisateur du programme, et l'emploi de variables.

Et que disent ces enseignantes au sujet du développement de leur pensée informatique ? Toutes mentionnent avoir énormément appris des concepts informatiques dans le feu de l'action ! « Mes élèves étaient rendus vraiment bons [sic] à la fin du projet Scratch, mais j'ai beaucoup appris en programmation informatique moi aussi cette année, avec Dash et Scratch », mentionne Évelyne. Ces propos font écho à ceux de Julie : « C'est incroyable comment [sic] nous avons appris cette année, Andréanne et moi ! Où on a le plus appris, c'est quand nous avons ouvert la programmation de jeux-questionnaires faits par les élèves – il y en avait des pas mal compliqués ! – et qu'on essayait de voir ce qui ne fonctionnait pas ! On en a cherché un coup pour certains jeux, mais c'est comme ça qu'on a le plus appris ! [sic] ».

Lors d'une prochaine tâche de programmation Scratch, les enseignantes de troisième cycle aimeraient aborder, de manière plus systématique, ce qu'est la logique qui soutient la conception d'un programme informatique. « Saisir cette logique nous aide probablement à mieux comprendre ce qu'on fait quand on programme et aussi, à

² Cf. <https://resources.scratch.mit.edu/www/cards/fr/scratch-cards-all.pdf>

mieux l'expliquer à d'autres. Par exemple, pourquoi on utilise le "et", le "ou", etc. Je ne sais pas tout à ce sujet ; on pourrait apprendre ensemble à ce sujet ou même demander de l'aide pour ça », propose Julie.

Mobiliser les habiletés en technologie nécessaires à l'utilisation des différents logiciels, plateformes numériques ou applications dans le cadre des tâches pédagogiques ou des tâches de la vie de tous les jours. Connaître le fonctionnement d'un outil numérique est un impératif selon les participants à l'étude afin d'en proposer une exploitation aux élèves dans un contexte pédagogique. « Si on veut utiliser un outil technologique dans notre planification pédagogique, il faut d'abord le connaître. C'est un incontournable », affirme Andréanne.

À cet effet, les apprentissages décrits plus haut ont sans aucun doute permis aux enseignantes de faire évoluer leur pensée informatique, mais ceux-ci leur ont également ouvert les portes d'un nouveau terrain de jeu au regard des tâches pédagogiques proposées à leurs élèves. « Je me sens maintenant plus confiante dans mes habiletés en programmation pour soutenir mes élèves et aussi pour savoir ce que je peux leur proposer comme tâche pédagogique... », mentionne Évelyne.

En ce qui concerne les enseignantes qui débutaient avec l'exploitation de Scratch en classe, elles voient déjà de nouveaux progrès possibles et réalistes dans leurs apprentissages de ce langage de programmation et, ce faisant, de nouveaux contextes pédagogiques à offrir à leurs élèves. À ce sujet, Alexandra évoque ce qui suit : « L'an prochain, je suis partante pour proposer à mes élèves de faire des programmes un peu plus complexes [...] [*sic*]. J'aimerais qu'ils fassent des jeux de révision avec ça ».

Dans le cas des enseignantes qui connaissaient déjà ce langage, elles croient également qu'elles peuvent poursuivre leurs apprentissages, et aussi, penser à de nouvelles tâches possibles. « C'est certain qu'on peut continuer d'en apprendre plus sur Scratch. Par exemple, je sais qu'on peut faire encore plus en utilisant les variables. On pourrait aussi explorer la création de blocs (*Mes blocs*). Mais déjà avec les apprentissages qu'on a faits, on peut penser à de nouvelles tâches », évoque Julie. Sa collègue, Andréanne, renchérit en évoquant l'idée qu'un riche contexte de réinvestissement pourrait se vivre en aidant d'autres classes. « On pourrait même penser à un système de parrainage dans l'école. Ça permettrait à nos élèves de mobiliser leurs apprentissages Scratch en travaillant plusieurs compétences disciplinaires et transversales. On pourrait planifier ce parrainage avec eux. Ça serait une façon intéressante d'aider les autres classes à s'initier à Scratch et aussi à aider aux débogages en cours de projets, car des petits problèmes, on en rencontre toujours en cours de route ! ».

Mettre en œuvre une solution adéquate ou solliciter de l'aide pour résoudre un problème technologique. Comme l'expose Andréanne, la résolution de problèmes est au cœur d'un projet de programmation. La richesse de ce processus repose entre autres sur la variété des chemins que l'on peut emprunter. Dans Scratch, plusieurs solutions sont possibles pour créer une action, les élèves l'ont appris, entre autres en échangeant au sujet de leur programmation. Également, ils ont découvert que certaines programmations étaient plus efficaces que d'autres. L'exemple classique consiste en l'utilisation de la boucle afin d'éviter les répétitions ; les élèves l'ont vite saisi ! Placer un bloc de positionnement au départ de sa programmation a également été une solution proposée par certains élèves à d'autres pour que leur lutin revienne au même endroit au prochain lancement du programme. « Certains élèves saisissent vite des

chemins plus efficaces pour programmer. Ça devient intéressant quand on les encourage à faire partager leurs idées. Et ça fait de beaux liens avec l'efficacité dans d'autres contextes, comme avec l'addition répétée en mathématiques versus la multiplication [szl] », mentionne Julie.

Mettre en œuvre une solution adéquate fait également référence à valider que le code de programmation fait bien ce qui est escompté. Les propos d'Andréanne vont dans ce sens. « Ce qui est intéressant dans un programme Scratch, c'est que l'élève reçoit immédiatement une rétroaction. C'est une belle force ici que nous apporte le numérique. Quand il démarre l'animation, il voit tout de suite si tout est comme il le souhaite ou s'il a des ajustements à apporter. Il le voit si sa solution est adéquate ou pas. Nos élèves ont travaillé fort pour arriver à produire un jeu fonctionnel. Il y a eu beaucoup de mises à l'essai des programmes et autant d'ajustements. »

Au cœur de ce travail d'ajustements, l'entraide entre les élèves a été mentionnée par toutes les enseignantes comme étant essentielle et omniprésente. « C'est fou comment les élèves se sont aidés en cours de projet [szl] », explique Évelyne. Dans toutes les classes, dès les tâches d'initiation à Scratch, des élèves se sont démarqués au regard d'habileté à programmer et à souligner, ce n'étaient pas les mêmes que d'habitude. Rapidement, les enseignantes ont demandé la collaboration de ces élèves pour aider leurs compagnons qui éprouvaient des difficultés. Ce fut très valorisant pour eux, en particulier parce qu'ils ne sont pas habituellement dans cette position dans les tâches scolaires. Cette expertise des élèves est devenue une aide précieuse pour les enseignantes, en particulier pour celles qui en étaient à leurs premières armes avec Scratch. « En cours de projet, il est arrivé que je ne connaisse pas quelle était la réponse à un problème rencontré par un élève. Toutes les fois, il y avait un élève de la classe qui arrivait à trouver la solution. Les élèves m'ont vraiment impressionnée ! », relate Évelyne. « Dans un projet comme celui-là, les élèves développent beaucoup leurs méthodes de travail, leur autonomie et leur initiative. Une enseignante ne peut pas répondre à toutes les questions des élèves en même temps. Et il y en a des questions en même temps au début ! Je leur disais, "prends le temps de regarder ta programmation, les blocs disponibles, etc. Si ça ne fonctionne pas, tu peux ensuite demander à un voisin s'il peut t'aider." Ils ont été très bons pour s'aider [szl] », ajoute Alexandra.

Défis affrontés durant la réalisation des tâches et leçons apprises. Bien que ces difficultés liées à la résolution de problèmes en programmation aient été finalement résolues grâce à la collaboration et à l'entraide, il n'en demeure pas moins qu'elles ont constitué des défis pour les enseignantes. Il leur a fallu accepter de ne pas avoir immédiatement toutes les réponses aux questions des élèves et parfois même, de ne pas les avoir du tout. Contrairement à ce qui se passe habituellement en classe, elles prenaient donc par moments un rôle d'apprenantes au même titre que leurs élèves. Ne pas connaître en profondeur ce qui est abordé nécessite dans un tel contexte le courage de revoir son rôle habituel, en particulier, lorsqu'on débute dans l'exploitation d'une nouvelle ressource.

Un autre défi mentionné par les enseignantes fait référence aux cibles d'apprentissage et à la séquence didactique. D'une part, dans un projet de programmation, comme dans tout projet, il importe de définir clairement l'intention pédagogique (ou les intentions pédagogiques), et ce, tant pour le personnel enseignant que pour les élèves. Un piège, en ce sens, serait de faire l'expérience d'une tâche de programmation sans réfléchir à ce qu'elle vise ou sans rendre cela explicite pour les

élèves. D'autre part, maintenir ses attentes relatives aux exigences pédagogiques attendues peut devenir un défi dans le feu de l'action. Le rappel de ces cibles demande rigueur et constance au personnel enseignant, par exemple lorsque les élèves veulent aller vite pour rédiger leurs phrases à intégrer dans une animation Scratch, préférant programmer plutôt que prendre le temps de se relire attentivement. En ce sens, dans le cadre des séquences didactiques des projets relatés, les enseignantes ont fait le choix de demander aux élèves de réaliser certaines actions à des moments bien précis. Par exemple, les élèves de deuxième cycle ont procédé à la rédaction de phrases après une première exploration de Scratch, celle-ci leur ayant permis de percevoir les possibilités en matière d'arrière-plans, de lutins et de blocs pour leur animation. Ils ont cependant dû terminer leur révision de français avant de reprendre à nouveau la programmation informatique sur Scratch. Ce choix avait pour but qu'ils se centrent sur cette tâche sans être distraits par les multiples options de la création de l'animation. Ainsi, se rapporter aux cibles d'apprentissage s'avère un levier important tout au long du projet pour des apprentissages de qualité.

Être bien préparé est une autre leçon apprise par les enseignantes au cours de leur projet. À titre d'illustration, elles ont perçu l'importance de créer d'avance les comptes des élèves dans leur classe Scratch. En effet, ce type de préparation technique réduit les pertes de temps, et d'attention, des élèves. Toutes mentionnent également l'importance d'avoir installé au préalable une bonne gestion de la classe. Par exemple, le respect de l'écoute de l'interlocuteur, qu'il soit un adulte ou un élève, facilite les explications, les partages et les échanges en cours de projet. Également, la collaboration et l'entraide constituent des clés de la réussite en ce qui concerne la résolution des divers problèmes rencontrés, tout comme le développement de l'autonomie et celui de la confiance en soi.

Enfin, les enseignantes insistent toutes sur l'importance d'un accompagnement dans la mise en place de tels projets. Ce soutien leur a paru essentiel pour commencer l'exploitation de cette nouvelle plateforme. Celui-ci peut prendre diverses formes (formations, accompagnements en classe, soutien ponctuel sous forme de questions-réponses, etc.) et provenir de sources variées (personnel enseignant, conseillers pédagogiques, personne-ressource du milieu, etc.). En fait, ce soutien permet d'éviter le piège de l'isolement et, ultimement, l'abandon de telles initiatives. Il encourage plutôt l'innovation et la créativité pour mener à bien la réalisation desdites initiatives.

Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons présenté l'évolution de la conceptualisation des habiletés en technologie et la comparaison de cette conceptualisation selon les différents pays et organismes internationaux. Nous y avons aussi présenté la pertinence pour les personnes citoyennes et en particulier pour le personnel enseignant de développer les habiletés en technologie de programmation informatique. En effet, celle-ci occupe une place importante dans la société actuelle. Toutefois, le *Cadre* à développer par le personnel enseignant accorde très peu de place à cette habileté en technologie. En fait, elle est succinctement mentionnée dans ce référentiel. Cela pourrait s'expliquer par le fait que plusieurs éléments étaient à considérer lors de son élaboration. Bien que dans le présent chapitre, nous ayons présenté des exemples d'intégration de la programmation informatique à l'école, il est important de noter que le Programme de formation de l'école québécoise ne mentionne nulle part

l'importance d'intégrer la programmation dans la formation des jeunes. C'est dans ce sens que Barma (2021), dans son rapport, soulignait l'urgence de créer une progression des apprentissages de la programmation informatique du préscolaire au secondaire et de mettre en place des projets pilotes pour analyser et valider les indicateurs du développement de la programmation informatique chez les élèves et le personnel enseignant du Québec. Cela pourrait constituer la suite des actions à entreprendre pour compléter le *Cadre*.

Les exemples d'usages de la programmation informatique présentés dans le présent chapitre mettent en exergue des situations dans lesquelles les personnes enseignantes ont eu la volonté de se former en intégration pédagogique de la programmation informatique ou ont eu l'opportunité de se faire accompagner par une conseillère pédagogique. Toutefois, ce cas n'est pas représentatif de la situation au Québec. En fait, de nombreux défis restent à relever en classe pour permettre une intégration pédagogique efficace et critique de la programmation informatique. Nous pouvons citer entre autres le manque de ressources pédagogiques, matérielles et humaines pour permettre à tout le personnel enseignant de développer ses habiletés technologiques en programmation informatique et de les mettre au service des apprentissages des élèves. Dans le cas des ressources matérielles, plusieurs écoles de la province n'ont pas assez d'ordinateurs ou de tablettes pour faciliter la réalisation des activités de programmation informatique en classe. La formation initiale des personnes enseignantes doit être revue pour les aider à développer ces habiletés en technologie. Les programmes scolaires actuels sont déjà assez exigeants pour le personnel enseignant et n'offrent pas beaucoup de temps à celui-ci pour intégrer l'enseignement de nouveaux apprentissages. Il serait important de revoir les programmes scolaires québécois pour faciliter une bonne intégration pédagogique de la programmation informatique en classe et y ajouter aussi des critères d'évaluation des habiletés technologiques de programmation informatique des élèves.

Raoul Kamga : Comment la compétence numérique et les habiletés technologiques de programmation informatique ont-elles joué un rôle dans ma recherche ?

La présence croissante des objets connectés dans le quotidien des humains a modifié mes intérêts de recherche. Autrefois, j'étais intéressé par les jeux sérieux et aujourd'hui je m'intéresse à la place de la programmation dans l'apprentissage des élèves. Je suis convaincu qu'un élève ou une personne enseignante qui a des bases en programmation informatique comprend mieux le monde qui l'entoure au quotidien et peut se prononcer sur le futur des objets connectés. Ainsi, mes recherches actuelles visent à comprendre comment les activités de programmation informatique peuvent contribuer aux apprentissages des élèves.

Nancy Brouillette : Comment la compétence numérique et les habiletés technologiques de programmation informatique ont-elles joué un rôle dans ma vie professionnelle ?

En tant que conseillère pédagogique, les habiletés technologiques de la programmation informatique ont bonifié mes offres de formations destinées aux personnes enseignantes. Autrefois, je les accompagnais dans l'utilisation des outils comme ceux du montage vidéo, de la recherche d'informations et de la création de ressources pour la classe. Avec le développement de mes habiletés de

programmation informatique, j'ai rajouté à mon offre de formation des activités pour aider les enseignants à développer de manière diversifiée la compétence de résolution de problèmes des élèves. Ces activités ont permis de mobiliser certains élèves qui avaient de la difficulté à s'engager dans d'autres tâches de résolution de problèmes.

Références

- Barma, S. (2018). Rapport final : Réaliser une étude de cas multiple qui vise à affiner les connaissances sur l'usage pédagogique ou didactique de la programmation dans les écoles du Québec. *Rapport de recherche pour le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES)*, (118982), 1-212. <https://el.crires.ulaval.ca/oeuvre/rapport-final-realiser-une-etude-de-cas-multiple-qui-vise-affiner-les-connaissances-sur>
- Barma, S. (2021). *Journées de réflexion sur l'usage pédagogique de la programmation informatique : Constats sur l'intégration de la compétence numérique*. Rapport pour le ministère de l'Éducation (MEQ). http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/PAN_Rapport_Journees-reflexion-usage-pedagogique-programmation-informatique.pdf
- Bers, M. U. (2019). Coding as another language: a pedagogical approach for teaching computer science in early childhood. *Journal of Computers in Education*, 6(4), 499-528. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00147-3>
- Cabero-Almenara, J., Romero-Tena, R. et Palacios-Rodríguez, A. (2020). Evaluation of teacher digital competence frameworks through expert judgement: the use of the expert competence coefficient. *Journal of New Approaches in Educational Research (NAER Journal)*, 9(2), 275-293.
- Cote, J. (2021). *What is computer programming and how to become a computer programmer?*. Southern New Hampshire University, 1-6. <https://www.snhu.edu/about-us/newsroom/stem/what-is-computer-programming>
- Education et Fondation, T. (2019). *Digital teaching professional framework: Taking learning to the next level*. JISC London. <https://www.et-foundation.co.uk/wp-content/uploads/2018/11/181101-RGB-Spreads-ETF-Digital-Teaching-Professional-Framework-Full-v2.pdf>
- Grugier, O. et Villemonteix, F. (2017). *Apprentissage de la programmation à l'école par l'intermédiaire de robots éducatifs : des environnements technologiques à intégrer*. Atelier Apprentissage de la pensée informatique à EIAH 2017, Strasbourg.
- Komis, V. et Misirli, A. (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. Université de Patras. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143/document>
- Martinet, M. A., Raymond, D. et Gauthier, C. (2001). *La formation à l'enseignement : les orientations, les compétences professionnelles*. Ministère de l'Éducation.
- Ministère de l'Éducation. (2020). *Référentiel de compétences professionnelles : Profession enseignante*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/devenir-enseignant/referentiel-competences-professionnelles-profession-enseignante.pdf?1606848024>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2018). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/PAN_Plan_action_VF.pdf
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/education/numerique/cadre-reference>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). *Continuum de développement de la compétence numérique : cadre de référence de la compétence numérique*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire, enseignement primaire*. Bibliothèque nationale du Québec. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/56123>

- Pellet, J.-P. et Parriaux, G. (2020). Informatique et société : quels aspects enseigner à quels degrés ? [communication par affiche]. *Didapro 8 – DidaSTIC*, Lille.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. et Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Romero, M., Lille, B., Viéville, T., Duflot-Kremer, M., de Smet, C. et Belhassein, D. (2018). Analyse comparative d'une activité d'apprentissage de la programmation en mode branché et débranché. *Educode - Conférence internationale sur l'enseignement au numérique et par le numérique*, Bruxelles.
- Swacha, J., Queirós, R., Paiva, J. C. et Leal, J. P. (2019). Defining requirements for a gamified programming exercises format. *Procedia Computer Science*, 159, 2502-2511.
- Tondeur, J., Aesaert, K., Prestidge, S. et Consuegra, E. (2018). A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies. *Computers & Education*, 122, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.002>
- Tsai, W. T., Chen, Y., Cheng, C., Sun, X., Bitter, G. et White, M. (2008). An introductory course on service-oriented computing for high schools. *Journal of Information Technology Education*, 7, 315-338. <http://www.iitc.org/documents/Vol7/JITE/v7p315-338Tsai378.pdf>
- UNESCO. (2018). *UNESCO ICT competency framework for teachers' version 3*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Paris.
- Vitanova, V., Atanasova-Pachemska, T., Iliev, D. et Pachemska, S. (2015). Factors affecting the development of ICT competencies of teachers in primary schools. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1087-1094. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.344>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wong, A. Y. et Daud, K. (2018). ICT competencies among school teachers: A review of literature. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 12(3), 376-381. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v12i3.5579>

