

Sticef

*Sciences et technologies de l'information et de la communication
pour l'éducation et la formation*

Volume 27, numéro 1, 2020

Varia



Sticef

Sticef

Volume 27
numéro 1, 2020

Varia

© ATIEF, 2020

ISBN 978-2-901384-04-5

DOI: 10.23709/sticef.27.1 en ligne sur www.sticef.org

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « *copies et reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective* » et, d'autre part, sous réserve de mention du nom de l'auteur et de la source, que « *les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information* », « *toute représentation ou reproduction totale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite* » (article L. 122-4). Une telle représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



Sommaire

Sébastien GEORGE • Éditorial 7

Articles de Recherche

Michelle DESCHÊNES, Thérèse LAFERRIÈRE • Plateforme numérique avec système de recommandations, agentivité des enseignants et développement professionnel..... 11

Rubriques

Matthieu CISEL • Évaluer l'utilité d'un EIAH : des raisons de l'abandon d'un protocole fondé sur une expérience randomisée49

Amélie DUGUET • Représentation du numérique des étudiants de l'École Polytechnique 67

Éric BRUILLARD • L'écriture inclusive ouvre des liens surprenants. Réflexions en didactique de l'informatique89

Comités 103



Éditorial

Volume 27

► **Sébastien GEORGE** (Rédacteur en Chef de Sticef)

Le milieu de la recherche a fortement été impacté par la crise sanitaire. Ne plus pouvoir se rencontrer pour échanger constitue un frein considérable pour les chercheurs. Il est vrai que l'utilisation d'outils de communication à distance était déjà une pratique courante, mais sa systématisation a modifié les pratiques en profondeur. Les conférences scientifiques ont davantage été touchées que les revues, avec des éditions contraintes d'être réalisées uniquement à distance. Certains font même état d'une modification du comportement pour la publication scientifique, les chercheurs privilégiant une soumission en revue s'il n'est pas possible de se déplacer en conférence pour rencontrer les pairs. Concernant la revue Sticef, nous constatons effectivement une augmentation sensible du nombre de soumissions, en particulier pour des numéros spéciaux qui paraîtront prochainement.

Pour l'année 2020, la revue Sticef publie deux numéros. Le premier numéro du volume 27 est un numéro *varia*. Il contient un article de recherche et trois rubriques. Le contenu de ce numéro est introduit ci-dessous. Le second numéro de ce volume est un numéro spécial issu de la 9^e édition de la conférence EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) qui s'est tenue à Paris en juin 2019. Il s'agit de versions étendues d'articles présélectionnés lors de la conférence. Sur 9 articles reçus, 5 ont été acceptés suite au processus habituel de relecture de la revue. Ce numéro 2 est précédé d'un éditorial rédigé par les 3 coordinateurs de ce numéro spécial, Julien Broisin, Vanda Luengo et Éric Sanchez. Je les remercie grandement pour tout le travail réalisé pour la gestion de ce numéro.

Contenu du volume 27, n° 1

Le premier article de recherche de ce numéro, rédigé par M. Deschênes et T. Laferrière, décrit une recherche évaluant la capacité des enseignants à

Sébastien GEORGE

définir et à poursuivre des objectifs de développement professionnel. Une plateforme a été spécifiquement conçue de façon itérative et participative avec six enseignantes du niveau collégial au Québec. Ce prototype possède des fonctionnalités permettant notamment d'accéder à des ressources de développement professionnel et d'obtenir des recommandations personnalisées concernant ces ressources. S'appuyant sur une étude qualitative qui a duré 3 mois, l'analyse des auteures montre que la plateforme numérique a contribué à soutenir l'agentivité des enseignants.

La rubrique de M. Cisel livre un retour d'expérience concernant l'évaluation d'un EIAH et ses difficultés. L'étude de cas concerne la mise en place d'une expérimentation randomisée pour évaluer l'utilité d'un carnet numérique de l'élève-chercheur destiné à des collégiens. L'auteur conclut qu'une expérimentation quantitative s'appuyant sur une comparaison de groupes d'apprenants est souvent difficile à mettre en œuvre de manière suffisamment rigoureuse pour permettre d'obtenir des résultats robustes scientifiquement.

La rubrique de A. Duguet et A. Tamayo décrit une étude ayant pour but d'analyser le rapport au numérique qu'entretiennent les élèves des grandes écoles, et plus particulièrement de l'école polytechnique. Il ressort que les élèves ont une vision globalement positive des services numériques de soutien à l'enseignement et à l'apprentissage. Ils considèrent notamment le numérique comme un vecteur d'innovation pédagogique.

La rubrique d'É. Bruillard présente une réflexion à partir d'exemples de transformations effectuées automatiquement par des logiciels sur certaines formes d'écriture inclusive. Les résultats peuvent parfois être surprenants et il n'est pas toujours évident de comprendre les logiques de traitement. L'article permet de mettre en avant la nécessité de former et plus globalement de développer l'esprit critique vis-à-vis du numérique.

Des changements dans le comité de rédaction

Une revue telle que Sticef repose avant tout sur le travail des membres des différents comités et nous les remercions chaleureusement pour leur implication de tous les instants. En particulier, les membres du comité de rédaction partagent des responsabilités souvent lourdes mais essentielles au bon fonctionnement du processus éditorial. Après avoir été membre de ce comité depuis le lancement de Sticef en 2003, notre collègue Georges-Louis Baron, professeur émérite en sciences de l'éducation à l'Université de Paris, a décidé d'arrêter. La qualité de la revue doit beaucoup à son expertise

sur de nombreux domaines (didactique de l'informatique, formation des enseignants, histoire des technologies éducatives...). Nous le remercions sincèrement pour le travail colossal qu'il a accompli pour le comité de rédaction de la revue Sticef et lui souhaitons le meilleur pour ses nouveaux projets. Un autre changement concerne le rôle de rédacteur en chef. Après 6 années à tenir cette fonction, j'ai souhaité passer la main afin de pouvoir me consacrer à d'autres responsabilités. Un appel a été lancé au sein du comité de rédaction et, à l'unanimité, Élise Lavoué a été élue comme nouvelle rédactrice en chef. Nous la félicitons et confirmons notre engagement à ses côtés pour poursuivre collectivement l'histoire de Sticef.

Pour finir, nous souhaitons rendre hommage à notre collègue Jacques Wallet, professeur en sciences de l'éducation, qui nous a quittés en 2020. Il a fait partie du groupe de travail à l'origine de la création de la revue Sticef, avec la volonté affirmée d'en faire une revue en ligne indépendante d'un éditeur. Il a été un grand acteur du développement des technologies pour l'enseignement à distance, notamment avec la création du Campus Numérique FORSE. Chercheur de terrain, il a profondément marqué la communauté scientifique, particulièrement dans le cadre de la francophonie où il a beaucoup œuvré pour soutenir le travail de jeunes chercheurs du continent africain. Nous lui dédions ce numéro.



Plateforme numérique avec système de recommandations, agentivité des enseignants et développement professionnel

► **Michelle DESCHÊNES, Thérèse LAFERRIÈRE** (Université Laval)

■ **RÉSUMÉ** • Cette étude vise à examiner la façon dont des enseignants exercent leur agentivité sur une plateforme numérique, soit leur capacité à définir et à poursuivre des objectifs de développement professionnel. Nous présentons un prototype fonctionnel développé à la suite d'ateliers de codesign avec des enseignants. Il inclut des algorithmes de systèmes de recommandations basés sur le contenu pour la recommandation de ressources et de pairs. Le codesign du prototype s'est poursuivi au cours de trois itérations. La plateforme a permis aux participantes d'accéder rapidement à des ressources personnalisées et mutualisées. Il s'en dégage que la plateforme a été un médiateur technologique de l'agentivité.

■ **MOTS-CLÉS** • Apprentissage autorégulé, interactions personne-machine, personnalisation, environnement d'apprentissage.

■ **ABSTRACT** • *This study aims to examine the way in which teachers exercise their agency on a digital platform, that is, their ability to define and pursue professional development objectives. We present a functional prototype developed following codesign workshops with teachers. It includes content-based recommendation system algorithms for suggesting resources and peers. The codesign of the prototype continued during three iterations. The platform allowed participants to quickly access personalized and mutualized resources. It emerges that the digital platform was a technological mediator of agency.*

■ **KEYWORDS** • *Self-regulated learning, human-machine interactions, personalization, educational resources, learning environments.*

1. Introduction

Au Québec, le réseau collégial est constitué de collèges publics (cégeps) et privés qui offrent des programmes de formation aux jeunes d'environ 17 ans ayant complété leurs études secondaires. Les programmes sont de deux ans pour les élèves qui se préparent à des études universitaires, ce qui correspond aux classes préparatoires dans le système français. D'autres programmes sont de trois ans, pour les élèves qui souhaitent se qualifier dans une technique pour l'exercice d'un métier, ce qui correspond au brevet de technicien supérieur du système français. Contrairement à d'autres niveaux d'enseignement québécois, aucune formation en pédagogie n'est obligatoire pour enseigner au collégial. C'est pourquoi il importe de s'intéresser aux initiatives prises par les enseignants du collégial concernant leur développement professionnel.

Le développement professionnel dont il s'agit dans cet article se veut un processus par lequel les enseignants, seuls et avec d'autres, révisent, renouvellent et étendent leur engagement en tant qu'agents de changement (Day, 1999). Il est alimenté par la formation initiale, la formation continue, les interactions et la réflexion (Daele, 2004; Day, 1999; Lieberman et Miller, 2001). Toutefois, un autre sens donné à développement professionnel correspond aux différentes offres de formation proposées sur une base volontaire aux enseignants par les institutions qui les emploient, par les universités, par des associations qui œuvrent dans le milieu de l'éducation, etc. Par exemple, des programmes de formation sont offerts aux enseignants débutants et des occasions de perfectionnement sont offertes aux enseignants plus expérimentés afin de répondre à des besoins manifestes.

Le Conseil supérieur de l'éducation (CSE), un organisme qui informe le ministre québécois de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, notamment sur les besoins en éducation, reconnaît que même si la responsabilité première en matière de développement professionnel revient aux enseignants, il s'agit d'une responsabilité partagée. En effet, « *la réalisation du développement professionnel du personnel enseignant est tributaire du soutien offert par les autres acteurs concernés* » (CSE, 2014, p. 29). Le développement professionnel est un élément reconnu déterminant, pourvu que le personnel enseignant soit au cœur du processus.

Selon Desimone (2009) et Darling-Hammond *et al.* (2017), un développement professionnel efficace intègre l'apprentissage actif, soutient la collaboration, fournit l'accompagnement nécessaire et offre des

possibilités de rétroactions; il entraîne des changements dans les connaissances et les pratiques des enseignants ainsi qu’une amélioration des résultats d’apprentissage des étudiants. C’est dire que le développement professionnel qui fait appel à des voies diversifiées n’accorde pas la priorité, et encore moins l’exclusivité, à la formation en milieu universitaire (CSE, 2000). Il est d’ailleurs recommandé par Cheng (2009) de combiner, à des fins de développement professionnel, des ressources globales, locales et individuelles.

L’un des objectifs de l’étude que nous avons menée fut d’observer comment des enseignants du réseau collégial québécois ont exercé leur agentivité sur une plateforme numérique à des fins de développement professionnel. Comme nous l’expliciterons dans la prochaine section, par agentivité, nous entendons leur capacité à définir et à atteindre des objectifs de développement professionnel en tirant profit des possibilités offertes par des technologies et des ressources numériques. Pour observer l’exercice de leur agentivité, nous avons conçu, en mode codesign, un environnement numérique, nommé ci-après plateforme, permettant aux enseignants de prendre un rôle d’agent de leur développement professionnel. Le codesign est considéré ici comme l’utilisation de la créativité collective au service du processus de design (Sanders et Stappers, 2008).

Dans un premier article (Deschênes et Laferrière, 2019) nous nous sommes centrés sur les buts motivationnels (Mascret *et al.*, 2016; Hassenzahl, 2010; Carver et Scheier, 2000) que devaient soutenir une plateforme au service de l’agentivité des enseignants en contexte de développement professionnel, de même que les fonctionnalités à retenir pour qu’ils atteignent les buts énoncés: 1) faire du développement professionnel une priorité, 2) poser un regard réflexif sur l’innovation, 3) faciliter l’accès aux ressources, et 4) faciliter les échanges et le partage. Les deux derniers buts supposent une certaine forme de mutualisation des ressources, un usage documenté des environnements numériques de travail (ENT) (Poyet, 2016). Pour optimiser cette mutualisation, nous nous sommes intéressées aux systèmes de recommandations, qui suggèrent les items les plus susceptibles d’intéresser une personne qui fait usage d’une plateforme numérique qui en est pourvue (Ricci *et al.*, 2015). Dans un contexte d’apprentissage, les systèmes de recommandations permettent notamment de recommander des ressources d’apprentissage et, dans une moindre proportion, de recommander des pairs (Deschênes, 2020).

Avec des enseignants, nous avons effectué des ateliers de codesign desquels a résulté un prototype misant sur les systèmes de recommandations. La mise à l'essai du prototype devenu fonctionnel visait ensuite à confirmer ou à infirmer la pertinence des fonctionnalités développées, ainsi qu'à repérer d'autres fonctionnalités nécessaires. Aussi, la question suivante se posait : en fonction de l'utilisation faite par les enseignants d'une telle plateforme, quelle est la contribution du numérique à l'exercice de l'agentivité des enseignants ? Nous avons décliné cette question en trois questions de recherche : dans quelle mesure le prototype permet-il de soutenir l'agentivité des enseignants ? Dans quelle mesure les ressources proposées se sont-elles avérées satisfaisantes pour les participantes ? Et enfin, comment les participantes ont-elles apprécié leur expérience utilisateur du prototype ?

Ainsi, cet article porte sur le codesign itératif du prototype développé et les améliorations du prototype que les trois cycles d'expérimentation ont permis. Les deux prochaines sections présentent les concepts mobilisés et le cadre théorique retenu. La section 4 présente le prototype développé et la section 5, la méthode de recherche utilisée. Enfin, les sections 6 et 7 sont consacrées respectivement aux résultats et à leur discussion, laquelle inclura les retombées notées au cours des trois cycles d'expérimentation.

2. Les concepts mobilisés

Pour étudier la contribution du numérique à l'exercice de l'agentivité des enseignants, nous retenons d'abord le concept d'agentivité en lien avec le développement professionnel, puis nous examinons l'apport du numérique pour soutenir l'agentivité, en particulier le recours aux systèmes de recommandations.

2.1. L'agentivité des enseignants

Bandura (1997) définit l'agentivité comme le pouvoir d'initier des actions à des fins données. Il considère les individus comme des agents actifs, et non simplement des êtres réagissant à des événements (Bandura, 2019). En présentant sa théorie sociocognitive, Bandura (2006) distingue trois modes d'agentivité différents : individuelle, collective, et par procuration (*proxy*). En exerçant son agentivité individuelle, un individu influence son propre fonctionnement et les événements de son environnement. Ses actions sont utilisées pour atteindre le ou les but(s) qu'il s'est fixé(s) (Bandura, 2001). L'agentivité collective réfère à la capacité des individus à travailler de concert pour améliorer une situation. Pour ce

faire, ils partagent leurs intentions, leurs connaissances et leurs habiletés, et ils rassemblent leurs connaissances, leurs capacités et leurs ressources. Quant à l'agentivité par procuration, elle permet à un individu de s'appuyer sur les actions d'autres individus (appelés alors des médiateurs d'agentivité) pour atteindre ses propres buts. Les médiateurs d'agentivité arrivent à exercer une influence sur l'individu qui a la connaissance et les moyens d'agir pour atteindre ses buts sans toutefois assumer toutes les responsabilités, vivre le stress et prendre les risques associés. L'individu essaie alors d'obtenir que ceux qui ont accès à des ressources ou à une expertise agissent en son nom pour obtenir les résultats souhaités (Bandura, 2001).

Plus récemment et en s'appuyant sur des fondements socioculturels remontant à Vygotsky (1978), Engeström et Sannino (2010) ont défini l'agentivité comme étant « *la capacité d'un individu à changer le monde et ses propres comportements* » (p. 5). Dans son étude sur les buts d'apprentissage, Brennan (2012) définit l'agentivité en ces termes: « *la capacité d'un apprenant à définir et à poursuivre des objectifs d'apprentissage* » (p. 24). Pour les fins de notre propre étude, nous définissons l'agentivité comme étant la capacité d'un enseignant à définir et à poursuivre des objectifs de développement professionnel. Ainsi, nous reconnaissons le rôle de l'enseignant dans son propre développement, dans son adaptation face à des changements. Il est un agent actif, un individu qui sait faire appel à son agentivité. Plus concrètement, un enseignant est capable de formuler un objectif comme « *intégrer la classe inversée dans sa pratique* » et il est capable de poursuivre son objectif en participant, par exemple, à un MOOC qui traite de ce sujet, en consultant des tutoriels sur la réalisation de capsules vidéos ou en lisant des articles scientifiques au sujet de méthodes pédagogiques actives.

2.2. Le numérique et l'agentivité des enseignants

Notre présupposé de départ est que le numérique peut contribuer à l'agentivité en ce sens qu'il offre l'occasion à l'enseignant d'exercer sa capacité à sélectionner et à séquencer des ressources de développement professionnel selon le contenu, le niveau de difficulté, le soutien offert, etc. En permettant aux enseignants d'exercer un certain contrôle, on stimule le développement de stratégies de régulation (Vandewaetere, 2011). Cependant, trop miser sur le numérique pourrait inhiber le transfert ou l'émergence de stratégies de régulation soutiennent Goodyear *et al.* (2014).

Le processus de codesign réalisé avec des enseignants a d'abord conduit à repérer quatre grands buts motivationnels qui ont par la suite servi au développement de la plateforme (Deschênes et Laferrière, 2019) :

1. Faire du développement professionnel une priorité ;
2. Poser un regard réflexif sur l'innovation ;
3. Faciliter l'accès aux ressources pour :
 - a. Mieux connaître les occasions de développement professionnel,
 - b. Accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées ;
4. Faciliter les échanges et le partage pour :
 - a. Obtenir un accompagnement informel,
 - b. Apprendre des autres et avec les autres.

Pour chacun des buts, les enseignants ont identifié les fonctionnalités qui leur permettraient d'atteindre ces buts. Concernant les troisième et quatrième buts, c'est-à-dire l'accès aux ressources ainsi que la facilitation des échanges et le partage, les fonctionnalités suggérées faisaient référence aux propriétés des systèmes de recommandations.

2.3. Les systèmes de recommandations

Les systèmes de recommandations sont des outils et techniques qui suggèrent les items (des vidéos, des livres, par exemple) les plus susceptibles d'intéresser un utilisateur (Ricci *et al.*, 2015). Ils utilisent des algorithmes qui se basent notamment sur la navigation des utilisateurs, les recherches qu'ils font, leurs achats et leurs préférences (Konstan et Riedl, 2012). Ainsi, il semblait plausible de penser, tout comme Dillenbourg (2002), que les systèmes de recommandations étaient une piste intéressante à explorer puisqu'ils peuvent guider l'enseignant dans la sélection de ressources à travers un très grand nombre d'entre-elles, tout en évitant le piège de trop structurer les interactions personne-machine.

Les préférences peuvent s'exprimer de façon implicite ou explicite (Ricci *et al.*, 2015). Les préférences implicites sont collectées à partir des actions des utilisateurs, le plus souvent à leur insu : cliquer sur un lien, acheter un produit, suivre une personne sur un réseau social, etc. Dans le cas des préférences explicites, le système demande à l'utilisateur d'évaluer un item. Cela peut être fait à l'aide de différents dispositifs : une échelle de 0 à 5 étoiles, avec ou sans les demies, avec ou sans guide de calibration ; un dispositif de votes positifs ou négatifs, ou de votes positifs seulement, etc. Ces données sont plus difficiles à collecter puisqu'elles

nécessitent l'action de l'utilisateur qui doit fournir un effort, contrairement à la collecte de données implicites.

La recherche dans le domaine des systèmes de recommandations évolue rapidement et ces systèmes sont de plus en plus appliqués à des domaines spécifiques, incluant les technologies éducatives (Drachsler *et al.*, 2015). Dans le domaine de l'éducation en général, la majorité des systèmes recommandent des contenus : livres, contenus d'apprentissage, objets d'apprentissage, etc. Toutefois, peu de systèmes qui recommandent de faire appel à des pairs sont actuellement documentés dans la littérature scientifique, que ce soit des pairs *avec qui apprendre* ou des experts *de qui apprendre* (Deschênes, 2020).

Quant aux principales techniques de recommandations, elles sont basées soit sur le contenu (*Content-Based*), soit sur une approche de filtrage collaboratif (*Collaborative filtering*), et d'autres encore se veulent hybrides. Les systèmes basés sur le contenu permettent de recommander des items qui sont similaires à ceux davantage appréciés auparavant (Ricci *et al.*, 2015). Les items similaires peuvent être identifiés à partir de différentes approches, comme le calcul du cosinus de l'angle entre les vecteurs décrivant les attributs des items (Oduwobi et Ojokoh, 2015).

Les systèmes basés sur une approche de filtrage collaboratif utilisent les préférences des autres utilisateurs pour fournir une recommandation. Ces systèmes sont dits « collaboratifs » parce qu'ils considèrent deux items comme étant similaires sur la base que plusieurs utilisateurs ont une préférence pour ces deux items (Konstan et Riedl, 2012).

Les systèmes hybrides, quant à eux, combinent les techniques selon différentes approches : l'amalgame de deux systèmes de façon séparée, l'incorporation des caractéristiques d'une approche dans une autre, ou la construction d'un modèle unifié qui utilise les deux approches (Adomavicius et Tuzhilin, 2005).

Différents modes d'expérimentations existent pour évaluer les systèmes de recommandations (Gunawardana et Shani, 2015). Les expérimentations hors ligne (*offline experiments*) utilisent un protocole et des données existantes pour estimer, voire comparer, les performances d'un système. Les expérimentations en ligne (*online experiments*) visent quant à elles à mesurer le changement de comportement des utilisateurs lors de l'interaction avec différents systèmes de recommandations. Enfin, les tests utilisateurs (*user studies*) consistent à recruter des utilisateurs, à leur

demander d'interagir avec le système de recommandations et à collecter des données sur ces interactions. Ces différents modes d'expérimentations peuvent être rattachés à différents moments du processus, allant du prototypage à l'implantation d'un système à grande échelle (Deschênes, 2020).

3. Le cadre théorique : le codesign axé sur l'expérience utilisateur

Hassenzahl (2010) présente l'expérience comme « *un épisode, une partie du temps que l'on a traversé - avec des images et des sons, des sentiments et des pensées, des motivations et des actions, lesquels sont étroitement liés, stockés en mémoire, étiquetés, revécus et communiqués aux autres* » (p. 8, traduction libre). L'expérience utilisateur a de particulier qu'elle est centrée sur les produits interactifs reconnus comme créateurs, facilitateurs et médiateurs d'expérience. Ainsi, l'expérience utilisateur est un sentiment momentané, principalement évaluatif lors de l'interaction avec un produit ou un service (Hassenzahl, 2008). En plus du produit et de l'utilisateur, le contexte dans lequel l'interaction entre le produit et l'utilisateur survient influence l'expérience (Pucillo et Cascini, 2014). Il faut ajouter que le design axé sur l'expérience utilisateur fait partie de la conception centrée sur l'opérateur humain (Lallemand *et al.*, 2015). La conception centrée sur l'opérateur humain (*Human-centred design* ou *User-Centred Design*) est définie comme « *une manière de concevoir les systèmes interactifs, ayant pour objet de rendre les systèmes utilisables et utiles en se concentrant sur les utilisateurs, leurs besoins et leurs exigences* » (ISO 9241-210, 2019).

Les individus perçoivent leur interaction avec les produits selon deux dimensions différentes (Hassenzahl, 2003) : la dimension hédonique, qui concerne le bien-être psychologique (par exemple être compétent, être autonome, être en relation avec les autres, etc.), et la dimension pragmatique, qui concerne l'accomplissement des objectifs comportementaux (par exemple, appeler un proche, trouver un produit dans une boutique en ligne, commander un article, etc.).

Dans le design axé sur l'expérience utilisateur, d'une part, le designer détermine le contenu, la présentation, les fonctionnalités et l'interaction ; c'est ce qui donne au produit son caractère particulier. D'autre part, l'utilisateur entre en contact avec le produit et un processus est enclenché : il construit sa perception personnelle du produit, son caractère apparent (Hassenzahl, 2003). C'est dans ce contexte qu'il est intéressant d'opter pour le codesign car il permet de réduire l'écart qu'il peut y avoir entre le

caractère visé par le designer et le caractère apparent du produit. Le codesign est une approche misant sur la collaboration pour produire des innovations viables (Severance *et al.*, 2016). En sollicitant la créativité collective tout au long du processus, le codesign dont il est ici question implique tout autant les concepteurs, les chercheurs et les enseignants, ces derniers étant considérés comme des experts de leur propre expérience (Sanders et Stappers, 2008).

4. La présentation du prototype initial

Au terme du processus itératif de codesign poursuivi dans le cadre de notre recherche, un prototype initial existait. Pour ce prototype, nous avons mis de l'avant les buts 3a et 3b, qui concernent le fait de faciliter l'accès aux ressources, et les buts 4a et 4b, qui concernent le fait de faciliter les échanges et le partage. Ainsi, le prototype ne visait pas à assurer le développement professionnel des enseignants, mais plutôt à faciliter la prise en charge par les enseignants de leur propre développement professionnel en fournissant les ressources les plus appropriées pour atteindre leurs objectifs. Les paragraphes qui suivent présentent la façon dont ses principales fonctionnalités ont été implémentées.

Pour réaliser la programmation, la première auteure de cet article a utilisé comme langage de programmation pour la portion « serveur » le PHP, dans un cadre de développement modèle-vue-contrôleur (Code Igniter), une infrastructure organisée en trois couches d'abstraction qui permettent de séparer les données, la présentation et les traitements pour en faciliter la maintenance et l'évolution (Cui *et al.*, 2009).

Le prototype¹ permet d'accéder à des ressources de développement professionnel qui correspondent le plus aux besoins et aux préférences des enseignants. Il s'agit d'un système de recommandations basé sur le contenu (*Content-Based*) dans lequel les enseignants peuvent :

- saisir un objectif de développement professionnel ;
- saisir leur profil et leurs préférences ;
- avoir accès à des ressources pouvant les aider à atteindre leur objectif, soit des articles de revue, des récits de pratique, des rapports de recherche, des formations et webinaires, etc., de même que des pairs *avec qui* apprendre et *de qui* apprendre.

¹ Une capture d'écran est disponible à l'adresse mdeschenes.com/prototype.

Le bouton « Mon profil » permet à l'enseignant de sélectionner l'institution et la discipline dans lesquelles il enseigne. C'est aussi à cet endroit qu'il peut choisir de partager ses coordonnées et son objectif avec des enseignants ayant un objectif similaire au sien, ou avec des enseignants qui pourraient avoir des questions en lien avec sa propre expertise et ainsi agir à titre de mentor. L'enseignant peut choisir de partager son courriel, son profil Twitter ou son profil LinkedIn.

Le bouton « Mon objectif » permet à l'enseignant de formuler son objectif de développement professionnel et de le caractériser à l'aide de mots-clés. Par exemple, un enseignant dont l'objectif est d'« intégrer la classe inversée dans sa pratique » pourrait ajouter des mots-clés comme « classe inversée », « montage vidéo », « pédagogie active », etc. Il peut ensuite sélectionner ses préférences en matière de développement professionnel. Les attributs utilisés sont ceux qui permettent de caractériser les ressources disponibles dans la plateforme, c'est-à-dire des ressources menant à des crédits universitaires ou non, ou permettant d'obtenir un badge, des ressources gratuites ou payantes, des ressources en présence, en ligne, hybrides en présence et en ligne, ou encore des ressources synchrones, asynchrones ou hybrides synchrones et asynchrones. Par exemple, un cours universitaire serait ainsi décrit : crédit, payant, en présence, synchrone. Un récit de pratique disponible en ligne serait quant à lui décrit ainsi : « non crédit, gratuit, en ligne, asynchrone ».

Les deux autres boutons permettent de recommander une nouvelle ressource aux autres enseignants et de faire afficher la documentation au sujet des fonctionnalités de la page.

Au premier chargement, les ressources qui s'affichent sont celles qui correspondent aux mots-clés liés à l'objectif que s'est fixé l'enseignant. Chaque fois qu'une recherche est lancée, le contenu des boîtes est actualisé selon la recherche. Les recherches récentes et populaires faites par les autres utilisateurs sont affichées. Pour chaque ressource affichée, des outils sont disponibles : afficher les informations de la ressource, ajouter la ressource à sa liste (comme sur Netflix ou Amazon, par exemple), masquer la ressource, évaluer la ressource (de 1 à 4 étoiles) et faire afficher les évaluations des autres enseignants à l'aide d'un histogramme représentant la distribution des évaluations.

Les ressources qui s'affichent sont celles qui proviennent des organismes du réseau collégial, du réseau de l'éducation et des réseaux sociaux (des groupes et des pages Facebook, des comptes Twitter et Instagram). Chaque boîte correspond à un type de ressources et l'ordre des boîtes peut être modifié par l'enseignant. Les organismes dont les ressources s'affichent sont les suivants : l'APOP (activités de perfectionnement technopédagogique), l'Association québécoise de pédagogie collégiale (revue professionnelle, actes du colloque pédagogique et livres), Cadre21 (formations en ligne asynchrones à saveur TIC et pédagogiques), le Centre de documentation collégiale (ouvrages de la bibliothèque spécialisée en éducation collégiale), Performa (cours crédités et programmes de formation universitaire pour les enseignants du collégial), et Profweb (récits de pratiques technopédagogiques et actualité pédagogique et numérique du réseau collégial). Certaines ressources ont été ajoutées manuellement à la plateforme de façon individuelle et de façon groupée. D'autres sont accessibles à la demande *via* EDUQ.info, l'archive ouverte du réseau collégial québécois, grâce à une interrogation utilisant le format XML de DSpace.

Dans la colonne de gauche figurent les recommandations personnalisées. La première boîte, « Selon mes préférences », présente les ressources qui correspondent aux préférences entrées par les enseignants. Les ressources s'affichent dans l'ordre suivant : d'abord, celles ayant le plus grand nombre d'attributs correspondant aux préférences de l'enseignant (gratuit, synchrone, en ligne, par exemple). Parmi elles, celles ayant obtenu les meilleures évaluations par les autres enseignants (basées sur la moyenne des évaluations) et celles ayant obtenu le plus grand nombre d'évaluations comptabilisées sont affichées en premier.

La deuxième boîte, « Selon ce que j'ai aimé avant », déduit un profil de préférences à partir des évaluations des ressources faites antérieurement par l'enseignant. Le profil calcule le poids de chacun des attributs selon la moyenne des évaluations positives que les enseignants ont faites (3 ou 4 étoiles). La différence entre les deux premières boîtes est que la première utilise les préférences déclarées par l'enseignant alors que la deuxième infère ses préférences à partir des ressources qui ont été appréciées antérieurement. Par la suite, deux boîtes servent à suggérer des pairs qui ont accepté que leurs coordonnées soient partagées. La première propose des pairs *avec qui* apprendre ; les mots-clés liés à l'objectif sont utilisés afin de trouver les enseignants dont le nombre de mots-clés en commun est le plus élevé. La seconde boîte propose des pairs *de qui* apprendre, c'est-à-dire des

enseignants dont l'expertise correspond le plus aux mots-clés de l'objectif fixé par l'enseignant.

Les quatre dernières boîtes de la première colonne affichent les ressources les plus appréciées (plus grand nombre de votes positifs) et les plus récemment appréciées par les enseignants de la même discipline ainsi que ceux de la même institution. Dans des travaux antérieurs (Deschênes, 2018), nous avons identifié que les enseignants souhaitent se perfectionner avec d'autres enseignants de leur discipline. C'est pourquoi nous avons choisi d'utiliser ce paramètre comme étant un facteur qui identifie des enseignants qui se ressemblent, en simulant une approche de filtrage collaboratif.

Le dernier outil est «Ma liste», qui regroupe les ressources que l'enseignant a ajoutées à sa liste.

5. Démarche d'investigation à des fins d'amélioration du prototype

Nous inspirant du processus de conception centrée sur l'opérateur humain (ISO 9241-210, 2019), après avoir analysé le contexte, défini les exigences et réalisé la conception (Deschênes et Laferrière, 2019), nous avons voulu investiguer l'expérience d'utilisation du prototype par les participantes. Cette investigation s'inscrivait dans une expérimentation de devis (traduction de *Design-Based Research* par Breuleux *et al.* (2002) plus large, et au cours de laquelle chercheurs et praticiens travaillent de concert à produire des changements significatifs dans des contextes de pratique (Design-Based Research Collective, 2003). L'expérimentation de devis utilise des données fournies de manière itérative pour informer la prise de décision de ceux et celles qui innovent (Laferrière, 2017). Il s'agit d'une méthode de recherche et de développement qui implique une bonne part d'intervention de la part des chercheurs et des praticiens comparativement à des démarches de recherche plus classiques (Collins *et al.*, 2004 ; Laferrière, 2017). Les sections qui suivent présentent l'objectif, la méthode utilisée et le déroulement de cette investigation.

5.1. Questions de recherche

Pour comprendre plus en profondeur l'expérience d'utilisation du prototype par les enseignants et leur satisfaction à son égard de manière à le faire évoluer en fonction de leurs besoins, les trois questions suivantes furent posées :

- QR1. Dans quelle mesure le prototype permet-il de soutenir l'agentivité des enseignants ?
- QR2. Dans quelle mesure les ressources proposées se sont-elles avérées satisfaisantes pour les participantes ?
- QR3. Comment les participantes ont-elles apprécié leur expérience utilisateur du prototype ?

Conscientes de la tradition existentielle-phénoménologique pour l'étude de l'expérience humaine (Van Manen, 1990 ; Creswell et Poth, 2016), il s'agissait pour nous de collecter, au moment opportun, des données riches et variées sur l'expérience des participantes.

5.2. Déroulement

5.2.1. Participantes

Nous avons recruté des participants des deux genres dans quatre institutions québécoises de niveau collégial, soient trois institutions publiques et une privée. Le groupe de sujets comprenait au départ six enseignantes ayant accepté de participer ; deux d'entre elles avaient auparavant participé au codesign initial réalisé en 2018 et 2019. Les participantes ont été sélectionnées sur la base de raisons pratiques (proximité géographique, intérêt pour leur développement professionnel).

Les enseignantes qui ont accepté notre invitation à participer appartiennent toutes au genre féminin. Leurs caractéristiques démontrent néanmoins une certaine diversité : cinq d'entre elles proviennent du réseau public et une, du réseau privé. Leurs disciplines d'enseignement relèvent des sciences et techniques naturelles, des sciences et techniques humaines, des sciences et techniques administratives, ainsi que des sciences et techniques en arts et lettres. Elles ont différents niveaux d'aisance avec le numérique, allant d'utilisatrices à conceptrices d'outils numériques. Le consentement explicite des participantes a été recueilli avant d'entreprendre la collecte des données *via* les différents moyens décrits dans les prochaines sections.

5.2.2. Trois itérations

Pour améliorer le prototype, nous avons engagé un processus itératif de collecte de données, d'analyse, d'intervention et de développement (figure 1).

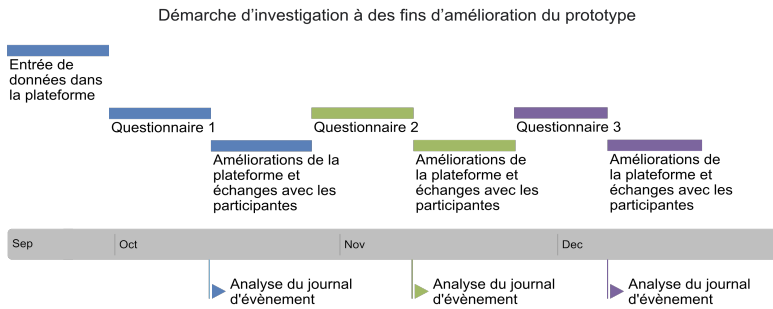


Figure 1 • Démarche d'investigation à des fins d'amélioration du prototype

5.3. Méthodes de collecte et d'analyse des données

Les quatre premières sections présentent les différentes méthodes de collecte de données : données entrées dans la plateforme, actions entrées au journal d'événements, questionnaire baromètre et échanges par courriel. La dernière section présente quant à elle la méthode d'analyse des données.

5.3.1. Données entrées dans la plateforme

Les participantes ont été invitées à se connecter et à compléter leur profil : l'institution et la discipline d'enseignement, de même que l'intérêt ou non à participer à du développement professionnel collectif (apprendre avec des pairs) ou à partager avec d'autres enseignants une expertise qu'ils possèdent (que d'autres enseignants puissent apprendre d'eux). Elles ont aussi été invitées à entrer un objectif de développement professionnel, à choisir des mots-clés associés à cet objectif et à entrer leurs préférences. Les autres données entrées dans la plateforme sont les évaluations des ressources qui leur ont été recommandées (entre 1 et 4 étoiles).

5.3.2. Actions entrées au journal d'événements

Les entrées au journal d'événements ont permis d'étudier de manière non intrusive les comportements d'utilisation des enseignantes. Nous avons simulé l'observation d'un phénomène en situation écologique (Mandran, 2018) en stockant dans le journal d'événements chaque action faite par les participantes : ouvrir une fenêtre, modifier son profil, cliquer sur une ressource, faire une recherche, ajouter un mot-clé, consulter une activité dans le calendrier, évaluer une ressource, etc. Dans cet exemple d'entrée (figure 2) au journal, on peut lire que l'utilisatrice 139 s'est connectée le 29 octobre 2019 à 13h15, puis qu'elle a lancé une recherche sur

la classe inversée et qu'elle a consulté la ressource 609 à partir de la boîte qui recommande des ressources selon les préférences entrées :

2019-10-29	13:15:29	|139	|connecter
2019-10-29	12:16:36	|139	|lancerrecherche|classe inversée
2019-10-29	12:17:25	|139	|consulterressource|609|préférences

Figure 2 • Exemple d'entrée

Les entrées au journal contenaient des paramètres spécifiques à certaines activités. Par exemple, lorsqu'une enseignante consultait une ressource, l'identifiant de la ressource ainsi que la boîte dans laquelle l'utilisatrice cliquait étaient enregistrés.

5.3.3. Questionnaire

Bien que le questionnaire soit une méthode de collecte habituellement utilisée pour une population importante, cette méthode a été retenue car nous voulions apprécier la variation entre plusieurs moments de collecte ainsi qu'alimenter les échanges sur la variation entre les moments de collecte. Le questionnaire baromètre, disponible en annexe, est composé de trois grandes sections correspondant respectivement aux trois questions formulées.

Section 1 : Soutien à l'agentivité. Une échelle à cinq niveaux allant de complètement en désaccord à complètement en accord a été utilisée pour permettre aux répondantes d'exprimer dans quelle mesure la plateforme répondait aux six buts motivationnels qui ont résulté de la démarche de codesign (Deschênes et Laferrière, 2019). Une question ouverte permettait d'expliquer les réponses au besoin.

Section 2 : Satisfaction à l'égard des recommandations. Nous avons traduit les cinq énoncés de Fazeli *et al.* (2018) visant à évaluer les systèmes de recommandations et avons utilisé la même échelle à cinq niveaux allant de complètement en désaccord à complètement en accord. Les énoncés visaient à analyser la satisfaction selon les cinq paramètres suivants : la précision, le caractère innovant, la diversité, l'utilité et le caractère surprenant. Une question ouverte permettait à nouveau d'expliquer les réponses au besoin.

Section 3 : Expérience utilisateur. Nous avons utilisé la version courte du *User Experience Questionnaire* (Schrepp *et al.*, 2017), composée de huit énoncés sous forme de différenciateurs sémantiques en sept points, allant de -3 à 3. Puisque le questionnaire sur l'expérience utilisateur devait être inclus dans un questionnaire plus long, et en raison du caractère itératif de notre démarche, nous avons préféré la version courte à la version longue, qui comporte 26 énoncés répartis en six sous-échelles. Une dernière question visait à recueillir des fonctionnalités à ajouter ou des améliorations à faire à la plateforme.

Afin de valider la passation et le fonctionnement du questionnaire, une fois intégré dans LimeSurvey, le questionnaire a été soumis à trois enseignants ne participant pas au projet. Leurs commentaires ont permis d'apporter des ajustements mineurs. Le questionnaire a été soumis aux participantes une fois par mois pendant trois mois. Chaque fois, les participantes ont eu deux semaines pour le remplir. Même si cinq à dix minutes suffisaient pour répondre aux 19 énoncés à choix de réponses et aux trois questions facultatives à court développement, nous avons tenu compte du fait que la tâche professionnelle des participantes était déjà bien remplie et avons choisi, en conséquence, de leur octroyer un temps relativement long pour répondre au questionnaire.

Le codesign s'est poursuivi puisqu'entre chacune des collectes, nous avons veillé à améliorer le prototype en fonction des réponses et des commentaires reçus. Dans le courriel d'envoi des questionnaires 2 et 3, nous avons inclus les nouveautés dans la plateforme depuis l'itération précédente, de même qu'une intervention sous forme de rétroaction personnalisée.

5.3.4. Échanges par courriel

Des échanges par courriels entre les participantes et la chercheure en interaction avec elles ont permis d'approfondir les analyses. Par exemple, en analysant les données entrées dans la plateforme, nous avons remarqué qu'une participante n'avait pas entré de mots-clés liés à son objectif. Nous lui avons écrit pour en vérifier la raison : ne savait-elle pas qu'elle pouvait le faire (ce qui aurait nécessité des précisions dans l'interface), l'avait-elle fait et ça ne s'était pas enregistré (ce qui aurait nécessité des corrections à la programmation), ne souhaitait-elle pas le faire (ce qui aurait nécessité de meilleures explications), etc.

5.3.5. Méthode d'analyse des données

L'analyse qualitative des données s'est faite en trois temps, soit après chaque passation du questionnaire. L'analyse du soutien à l'agentivité, de la satisfaction à l'égard des ressources recommandées et de l'expérience utilisateur a été faite en observant la variation des réponses des enseignantes entre chaque mesure. Nous avons également observé les fréquences de chacune des réponses, pour chacun des aspects étudiés.

En ce qui concerne plus précisément l'expérience utilisateur, les données recueillies à l'aide de la version courte du *User Experience Questionnaire* (UEQ) ont été regroupées selon la qualité pragmatique (items 1 à 4 : aidant, simple, efficace, clair), la qualité hédonique (items 5 à 8 : captivant, intéressant, original, inédit) et le résultat global (items 1 à 8). Comme le prévoit l'UEQ, les résultats compris entre -0,8 et 0,8 ont été considérés comme neutres, les résultats plus grands que 0,8 ont été considérés comme positifs et les résultats plus petits que -0,8 comme négatifs.

La variation des réponses par participante a été croisée avec les données du journal d'événements et les données entrées dans la plateforme. Par exemple, lorsqu'une participante s'est montrée moins satisfaite, nous avons vérifié ses actions dans la plateforme et avons constaté qu'elle ne s'était pas reconnectée depuis la collecte précédente, ce qui nous a permis d'ajuster notre intervention.

Pour approfondir l'analyse, nous avons observé les fonctionnalités utilisées (fréquences et séquences) grâce à l'interface d'administration permettant d'apprécier le parcours de chacune des participantes à partir du journal d'événements. Nous avons identifié les fonctionnalités les plus et les moins utilisées, selon les moments de la session et de la recherche. Pour faciliter l'analyse, nous avons regroupé les fonctionnalités (voir Tableau 1).

Tableau 1 • Regroupements des fonctionnalités

Regroupement	Fonctionnalités
Interface	Se connecter, accéder à la documentation, etc.
Profil	Modifier le profil, ajouter ou supprimer un mot-clé décrivant l'expertise, etc.
Objectif	Ajouter, atteindre ou arrêter un objectif, ajouter ou supprimer un mot-clé lié à l'objectif, ajouter un supprimer une préférence, etc.
Ressources	Ajouter ou supprimer une ressource à la liste, consulter la liste, etc.
Listes	Consulter, évaluer, masquer ou recommander une ressource, consulter les informations ou les évaluations d'une ressource, consulter les informations d'un autre enseignant, etc.
Recherches	Lancer une recherche, cliquer sur une recherche liée à l'objectif, une recherche récente ou populaire

Nous avons analysé les fonctionnalités à ajouter ou à corriger sous l'angle de la faisabilité et de la relation avec l'agentivité d'enseignantes en contexte de développement professionnel.

En outre, nous avons croisé les données du questionnaire, les données entrées par les enseignants dans la plateforme ainsi que les actions faites dans la plateforme et celles entrées au journal d'événements. L'exercice de triangulation des données visait à saisir la complexité de la situation et à assurer la validité des conclusions (Briand et Larivière, 2014).

6. Résultats

La section des résultats débutera par une synthèse des améliorations apportées lors des trois itérations. Nous présenterons ensuite les actions réalisées sur la plateforme par les participantes. Nous enchaînerons avec les résultats liés respectivement aux trois questions de recherche.

6.1. Les améliorations après chacune des itérations

Le Tableau 2 présente les améliorations apportées au prototype initial selon le moment du processus. Il inclut les améliorations qui ont été utilisées par les participantes, soient celles apportées avant le deuxième questionnaire (après l'itération 1) et avant le troisième questionnaire (après l'itération 2). L'intervenante à l'origine de chaque amélioration est aussi indiquée.

Tableau 2 • Améliorations apportées

Améliorations après l'itération 1	Améliorations après l'itération 2
<p>À la demande explicite d'une enseignante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout de la possibilité d'entrer un commentaire lorsque l'enseignant ajoute une ressource à sa liste personnalisée • Ajout de la possibilité de déplacer les boîtes pour personnaliser l'interface. • Augmentation de la taille du texte. • Ajout du nom et du prénom des enseignants souhaitant publier leurs coordonnées. <p>À l'initiative de la chercheure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout de notifications lorsqu'il manque des informations : si l'enseignant n'a pas entré le collège et la discipline dans lesquels il enseigne, si l'objectif, les mots-clés ou les préférences n'ont pas été entrés. • Liste déplacée sous un bouton, faisant davantage de place aux autres boîtes. • Ajout de deux nouvelles boîtes, dans lesquelles se trouvent des ressources supplémentaires. • Ajout et modification d'éléments pour clarifier l'interface : le titre de certaines boîtes, la rubrique d'aide, etc. 	<p>À la demande explicite d'une enseignante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout de la possibilité d'entrer une courte biographie. • Ajout du nombre d'enseignants par discipline. • Clarification du déplacement des boîtes (rubrique d'aide en format vidéo). • Ajout d'éléments dans l'interface pour l'affichage des ressources ajoutées à la liste : couleur, nombre de ressources listées affiché sur le bouton. <p>À l'initiative de la chercheure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise à jour du graphique de la répartition des évaluations des ressources par les enseignantes (1 à 4 étoiles) dès qu'une nouvelle évaluation est entrée.

Les améliorations apportées à la première itération touchent essentiellement les quatre derniers buts du graphique (mieux connaître les occasions de développement professionnel, accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées, obtenir un accompagnement informel, et apprendre des autres et avec les autres). À la deuxième itération, les améliorations apportées étaient davantage en lien avec les deux derniers buts, c'est-à-dire ceux qui concernent le fait de faciliter les échanges et le partage. Par exemple, nous avons ajouté le nom, le prénom et la biographie des participantes qui le souhaitaient lorsqu'une participante a écrit : « *Est-ce que je peux les contacter pour discuter, échanger ? Si oui, j'aimerais peut-être en savoir plus à leur sujet avant* ». Nous avons ajouté la possibilité de déplacer les boîtes après qu'une autre enseignante ait écrit « *J'aimerais pouvoir réorganiser les "boîtes" par exemple en déplaçant celles qui m'intéressent le plus vers le haut de l'écran* ».

Enfin, au terme de la dernière itération, d'autres suggestions ont été faites par les participantes. Ces suggestions manifestent que les usages sont passés d'une exploration à une utilisation plus approfondie : faire afficher le nom des auteurs des ressources, préciser l'ordre d'affichage des ressources, ajouter d'autres types de ressources, etc. Les trois itérations ont d'ailleurs permis d'atteindre une certaine saturation dans les réponses et dans les commentaires.

6.2. Les actions réalisées sur la plateforme

En nous intéressant au parcours de chacune des participantes grâce aux entrées faites dans le journal d'événements, nous avons constaté que le nombre total d'actions réalisées par les enseignantes dans la plateforme variait entre 14 et 282 au cours des trois mois qu'a duré la collecte de données, pour une moyenne de 117 actions par enseignante. Le nombre de connexions varie aussi d'une participante à une autre, allant de 1 à 17 connexions, pour une moyenne de 6 connexions par participante. Ces visites correspondent, dans plusieurs cas, aux dates auxquelles elles ont répondu à chacun des questionnaires, ce qui s'explique par le fait qu'il était demandé aux participantes d'utiliser la plateforme pour prendre connaissance des modifications qui y avaient été apportées. L'utilisation des fonctionnalités au fil de l'étude est illustrée à la figure 3, accompagnée des moments où les questionnaires ont été envoyés aux participantes.

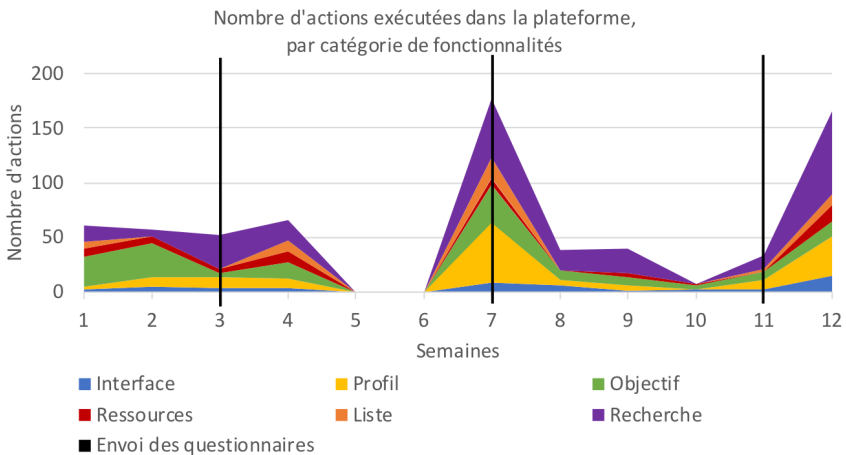


Figure 3 • Nombre d'actions exécutées dans la plateforme, par catégorie de fonctionnalités

On remarque que les résultats varient au fil du temps. Les fonctionnalités liées au profil sont davantage utilisées en début de parcours, puisque le profil demeure assez stable dans le temps (le collège et la discipline, le désir d'échanger avec d'autres enseignants, etc.). Ces fonctionnalités sont toutefois davantage utilisées à la semaine 7, où l'ajout de notifications a sensibilisé les enseignantes à l'importance de compléter leur profil. Les fonctionnalités liées aux listes ont été davantage utilisées à la semaine 7, où nous avons déployé la possibilité d'entrer un commentaire en ajoutant une ressource à la liste.

Enfin, en analysant la provenance des ressources consultées, ajoutées à la liste et évaluées, nous avons remarqué que les boîtes proposant des ressources personnalisées ont été davantage utilisées à partir de la semaine 7. C'est à ce moment que les notifications indiquant ce qui pouvait être fait pour améliorer la recommandation de ressources ont été ajoutées, en plus des interventions qui ont été rédigées par la voie de courriels.

6.3. Le soutien à l'agentivité

Concernant le soutien à l'agentivité des enseignants (QR1), nous en constatons la variation au fil des trois itérations, selon les différents buts qui avaient été identifiés lors du codesign. Les quatre premiers buts relèvent davantage de l'agentivité individuelle, alors que les deux derniers relèvent davantage de l'agentivité collective. La figure 4 présente les réponses des participantes aux trois itérations.

On remarque d'abord que dans la carte thermique « *heatmap* » (Wu, Tzeng, et Chen, 2008), le vert domine, ce qui témoigne du fait que les participantes ont répondu davantage « en accord » ou « complètement en accord » pour l'ensemble du processus. On note qu'entre la première et la deuxième itération, pour tous les buts à l'exception de « Poser un regard réflexif sur l'innovation », les réponses positives de toutes les participantes se sont maintenues ou ont augmenté. Toutefois, pour le but « Poser un regard réflexif sur l'innovation », dans quatre cas, les réponses positives ont diminué. En contrepartie, toutes les réponses obtenues pour le but « Faciliter l'accès aux ressources pour accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées » sont favorables (en accord ou complètement en accord).

Variation de la perception de soutien à l'agentivité

But identifié à la phase de codesign	Itération	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6
Faire du développement professionnel une priorité	1						
	2						
	3						
Poser un regard réflexif sur l'innovation	1						
	2						
	3						
Faciliter l'accès aux ressources pour mieux connaître les occasions de développement professionnel	1						
	2						
	3						
Faciliter l'accès aux ressources pour accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées	1						
	2						
	3						
Faciliter les échanges et le partage pour obtenir un accompagnement informel	1						
	2						
	3						
Faciliter les échanges et le partage pour apprendre des autres et avec les autres	1						
	2						
	3						

Légende

- Complètement en accord
- En accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- En désaccord
- Complètement en désaccord

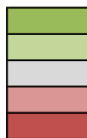


Figure 4 • Variation du soutien à l'agentivité

Entre la deuxième et la troisième itération, la majorité des niveaux d'accord se sont maintenus ou ont augmenté. On remarque toutefois que deux participantes ont diminué leurs niveaux d'accord pour quatre des six buts. Remarquons, par ailleurs, que même si elles ont diminué entre l'itération 2 et 3, les réponses pour le but « Faciliter l'accès aux ressources pour accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées » demeurent celles qui recueillent le niveau d'accord le plus élevé au terme de la troisième itération.

En nous intéressant à la variation entre la première et la dernière itération, on remarque que les deux buts en lien avec « Faciliter les échanges et le partage » ont obtenu des variations positives ou neutres, c'est-à-dire qu'aucune participante n'a diminué ses réponses entre le début et la fin du projet pour ces deux buts.

Les réponses à la question ouverte sur le soutien à l’agentivité nous ont permis d’observer certaines manifestations d’agentivité individuelle, collective et par procuration. À différents moments de la recherche, des participantes ont mentionné qu’elles appréciaient l’économie de temps, une économie qu’elles attribuaient à la mutualisation des ressources. Les trois commentaires suivants en témoignent :

« C’est vraiment génial d’avoir accès à cette plateforme puisqu’elle centralise toutes les informations au même endroit. Le fait de pouvoir simplement accéder aux ressources en cliquant sur les liens permet de sauver du temps. J’apprécie qu’une présélection ait été faite pour nous. »

« C’est pratique de retrouver plusieurs ressources au même endroit, sur les sujets qui nous intéressent »

« Le gros point fort en ce qui me concerne est vraiment la centralisation des ressources [...] Beaucoup de temps de gagné. »

Certaines réponses manifestaient une agentivité collective plus limitée, par exemple :

« Je n’ai pas échangé avec les autres utilisateurs. Peut-être par manque de temps ? mais aussi parce que je préfère naviguer à mon rythme. »

« Les participantes au projet de recherche n’ont pas nécessairement une expertise qui répond à mes besoins actuels de développement. »

Une participante apporte une explication :

« Pour le moment je suis pas mal la seule avec mon sujet d’intérêt mais je vois facilement une petite “communauté” se créer lorsque le nombre d’utilisateurs augmentera. »

Enfin, nous avons vu des manifestations d’agentivité allant au-delà de la plateforme :

« J’ai fait de belles découvertes dans mes lectures. J’ai enregistré des textes que je vais relire et même présenter à mes collègues. Je compte bien m’en inspirer pour développer de nouveaux projets en classe avec mes étudiants. »

6.4. La satisfaction à l'égard des ressources

L'analyse de la satisfaction des participantes à l'égard des ressources recommandées (QR2) à l'aide de la carte thermique (figure 5) montre une majorité de réponses positives (en accord ou complètement en accord). On constate que le niveau d'accord de cinq des six participantes a augmenté ou s'est maintenu pour chacun des aspects. Une seule participante a manifesté être moins satisfaite à la deuxième itération pour quatre des cinq aspects. Cette participante ne s'est toutefois pas connectée à la plateforme entre la première et la deuxième itération, contrairement aux cinq participantes qui se sont montrées satisfaites.

Variation de la satisfaction à l'égard des ressources recommandées

Paramètre	Itération	Ens. 1	Ens. 2	Ens. 3	Ens. 4	Ens. 5	Ens. 6
Précision	1	En accord	En accord	En désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord
	2	Complètement en accord	Complètement en accord	En accord	En désaccord	En accord	Ni en accord, ni en désaccord
	3	Complètement en accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord
Caractère innovant	1	En accord	En accord	En désaccord	En accord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord
	2	Complètement en accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En désaccord	Complètement en accord	Complètement en accord
	3	Complètement en accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord
Diversité	1	En accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	En accord	En désaccord
	2	En accord	Complètement en accord	En accord	En désaccord	En accord	Ni en accord, ni en désaccord
	3	Complètement en accord	Complètement en accord	Complètement en accord	En accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord
Utilité	1	En accord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	En accord	En désaccord
	2	En accord	Complètement en accord	En accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	Ni en accord, ni en désaccord
	3	Complètement en accord	Complètement en accord	Complètement en accord	En accord	Complètement en accord	Complètement en accord
Caractère surprenant	1	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	En désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord
	2	Ni en accord, ni en désaccord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord
	3	Ni en accord, ni en désaccord	Complètement en accord	Ni en accord, ni en désaccord	En accord	En accord	Complètement en accord

Légende

- Complètement en accord
- En accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- En désaccord
- Complètement en désaccord

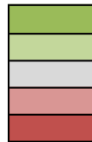


Figure 5 • Variation de la satisfaction à l'égard des ressources recommandées

Que ce soit entre l'itération 1 et 2, ou entre l'itération 2 et 3, aucun ajustement n'a été apporté quant aux algorithmes permettant de recommander des ressources. Nous avons plutôt misé sur ce qui permet à ces algorithmes de mieux fonctionner, c'est-à-dire l'entrée de tous les paramètres du profil, de l'objectif et des préférences. Pour y arriver, nous avons modifié la

La figure 6 présente le détail des réponses pour les aspects hédoniques (axe vertical) et pragmatiques (axe horizontal) de toutes les participantes, et ce, concernant chaque itération. On peut constater qu'elles sont en grande majorité dans le cadran supérieur droit, ce que Hassenzahl (2003) identifie comme la situation désirée.

La question ouverte concernant l'expérience utilisateur a conduit à certaines des améliorations listées en début de section, par exemple : « *Augmenter la taille de certaines fenêtres* », « *[C'est] plus flou pour le contact avec les pairs* ».

7. Discussion

Tout au long de cette démarche d'amélioration de la plateforme numérique, nous avons pu observer une augmentation de la perception du soutien à l'agentivité des enseignantes, en particulier faire du développement professionnel une priorité et faciliter les échanges et le partage pour obtenir un accompagnement informel. C'est toutefois les deux aspects qui concernent l'accès facilité aux ressources qui ont obtenu les meilleurs résultats, c'est-à-dire faciliter l'accès aux ressources pour mieux connaître les occasions de développement professionnel et faciliter l'accès aux ressources pour accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées. Cela permet d'avancer que l'utilisation de systèmes de recommandations appliquées à la recommandation de ressources de développement professionnel est pertinente. En adaptant des algorithmes de recommandations, nous avons observé une augmentation de la satisfaction à l'égard des ressources recommandées grâce à une approche basée sur le contenu, en particulier l'appréciation qu'ont manifestée les enseignantes à l'égard de la précision des recommandations. Au final, c'est la diversité qui a obtenu les meilleurs résultats, suivie de près par la précision et le caractère innovant.

Enfin, concernant l'expérience utilisateur, la variation de la moyenne globale est elle aussi positive à chacune des itérations. La moyenne des résultats pour les aspects pragmatiques a davantage augmenté que la moyenne des résultats pour les aspects hédoniques, ce qui est cohérent avec le fait que ce qui a changé entre chaque collecte est davantage de l'ordre du pragmatique (les fonctionnalités). Mentionnons toutefois que l'ajout d'une fonctionnalité a pu faire émerger des possibilités qui n'étaient pas perçues jusqu'ici, et donc influencer également les aspects hédoniques. Aussi, les fonctionnalités décrites comme des « nouveautés dans la plateforme », lors de chacune des interventions, pourraient aussi être

perçues comme hédoniques, à la différence des fonctionnalités utilisées, qui sont perçues comme pragmatiques (Hassenzahl, 2003).

7.1. La contribution du numérique à l'exercice de l'agentivité

Il semble que l'aspect pour lequel le numérique ait le plus contribué à l'exercice de l'agentivité des participantes concerne le temps économisé par la mutualisation des ressources. Ce temps gagné peut aussi être attribuable à ce qu'une participante nomme « la présélection », c'est-à-dire le système de recommandations. L'augmentation de la satisfaction à l'égard des ressources recommandées s'explique par le fait qu'au départ, peu de données étaient disponibles, notamment les préférences des utilisateurs : c'est un problème (*cold-start*) bien documenté (Camacho et Alves-Souza, 2017). Pour pallier ce problème, nous avons demandé aux participantes de déclarer leurs préférences plutôt que de seulement les déduire à partir des évaluations des ressources qu'elles en avaient faites antérieurement.

Par ailleurs, comme le nombre de participantes était petit, nous n'avons pas pu utiliser un système de filtrage collaboratif. Nous avons toutefois simulé cet aspect collaboratif (dans les boîtes « Plus aimées par les profs de ma discipline » et « Récemment aimées par les profs de ma discipline »). Au moment d'un déploiement massif, les données que nous accumulerons permettront l'implémentation de fonctionnalités de filtrage collaboratif, qui utilisent les préférences des autres enseignants pour fournir une recommandation. La satisfaction qu'ont manifestée les participantes à l'égard des recommandations nous amène à envisager l'utilisation d'algorithmes de systèmes de recommandations pour d'autres volets, pour formuler un objectif de développement professionnel, par exemple.

Les participantes ont manifesté leur agentivité individuelle, en contrepartie, il semble que l'agentivité collective ait été moins mise à contribution qu'attendu. L'ouverture de la plateforme à un plus grand nombre de participantes et de participants pourrait toutefois contribuer à stimuler l'agentivité collective.

Bien que le potentiel de voir émerger des communautés ait été soulevé, nous avons observé que les fonctionnalités de réseautage souhaitées au début du codesign, comme « trouver l'accompagnateur approprié » ou « échanger sur sa pratique » (Deschênes et Laferrière, 2019) n'ont été que peu utilisées durant l'étude. Nous avons observé une tension croissante entre le

désir d'avoir accès à des fonctionnalités de réseautage et l'utilisation réelle de ces fonctionnalités, qui requiert d'investir le temps et les efforts nécessaires. Cela nous ramène au défi qu'ont soulevé Bruillard et Baron (2009) : « *au-delà de la mutualisation, la production commune, dans des situations de travail, l'écoute de l'autre, l'intégration de son point de vue sont des objectifs difficiles à atteindre* » (p. 110).

Si nous avons d'abord misé sur l'agentivité individuelle et l'agentivité collective des enseignants, il semble que l'agentivité par procuration (*proxy agency*) soit à considérer en contexte de développement professionnel. Les participantes se sont plutôt servies de la plateforme pour accéder aux ressources ou à une expertise pour obtenir les résultats souhaités (Bandura, 2001). Dans notre contexte, le médiateur de l'agentivité est la plateforme utilisée, ce qui nous permet de constater le passage d'un médiateur social (*socially-mediated agent*) à un médiateur technologique (*technology-mediated agent*). En ce sens, nous percevons l'environnement numérique étudié comme un médiateur permettant à un enseignant d'agir à l'intérieur de sa zone proximale de développement, c'est-à-dire la zone entre ce qu'il aurait pu faire seul et ce qu'il peut faire à l'aide d'un agent (Vygotsky, 1978). Le recours excessif à l'agentivité par procuration pourrait toutefois contraindre les capacités d'autorégulation, voire réduire les possibilités d'acquérir et de développer les habiletés requises pour agir efficacement (Bandura, 1997 ; Bandura, 2001).

C'est dans ce contexte que nous soulignons la tension entre le recours à un outil comme celui étudié et le recours à d'autres moyens permettant aux enseignants d'atteindre leurs objectifs de développement professionnel. Les répercussions dans la pratique des enseignants sont à explorer : comment le recours aux ressources et aux experts proposés influence-t-il la préparation et la prestation d'un cours, l'évaluation des apprentissages ou le suivi des élèves ?

Severance *et al.* (2016) affirmaient que le codesign pédagogique favorisait l'agentivité des enseignants. Voogt *et al.* (2015) affirmaient quant à eux, que le codesign pédagogique était une forme de développement professionnel, en faisant des liens avec l'agentivité des enseignants. Nous proposons quant à nous que le codesign et l'évaluation itérative d'un environnement numérique ont favorisé l'exercice de l'agentivité des enseignants dans un contexte de recherche et de développement professionnel ; une piste qui devra être explorée davantage dans des études ultérieures.

7.2. La contribution d'une recherche en mode codesign sur l'agentivité des enseignants

Trois des six participantes faisaient partie des enseignantes qui avaient identifié les buts que devait remplir une plateforme visant à soutenir l'agentivité des enseignants en contexte de développement professionnel (Deschênes et Laferrière, 2019). Ce faisant, elles ont influencé le cours de la recherche puisque c'est l'analyse de la satisfaction des participantes à l'égard de ces buts qui a permis d'apprécier la capacité de la plateforme à soutenir l'agentivité. C'est aussi grâce aux décisions qu'elles ont prises lors du codesign, en ciblant des fonctionnalités de systèmes de recommandations, que nous avons pu apprécier le niveau de satisfaction des participantes. Réaliser une expérimentation des performances du système avec des données fictives ou le changement de comportement des utilisateurs aurait nécessité un échantillon d'utilisateurs plus important.

L'ajout et la modification des fonctionnalités ont été réalisés d'abord grâce aux commentaires des participantes, mais aussi grâce à l'analyse de leurs actions dans la plateforme, qui étaient une manifestation de leur agentivité. L'une ou l'autre de ces stratégies aurait pu conduire à de mauvaises interprétations. C'est pourquoi les échanges ayant découlé des interventions et qui s'inscrivaient dans le codesign en cours ont été riches et ont permis de confirmer et d'infirmer certaines pistes. C'est dire que le processus itératif de recherche, de développement et d'intervention a fait participer activement les enseignantes au processus de recherche. Comme anticipé, les rôles de participant, de designer et de chercheur se sont amalgamés. Les questions ont amené les participantes à réfléchir au design de l'application : même s'il s'agissait d'une étape du projet davantage axée sur l'analyse du prototype, le design de la recherche amenait les enseignantes à agir comme codesigners. Les participantes ont ainsi pu exercer leur agentivité à la fois dans un contexte de design, de recherche et de développement professionnel. Le processus itératif a aussi permis de tester certaines fonctionnalités et de s'ajuster. Avant d'investir inutilement des ressources pour automatiser ou développer certaines fonctionnalités qui auraient pu ne pas être pertinentes, nous avons pu en valider l'intérêt auprès des enseignantes.

Ce n'est probablement pas la plateforme qui a contribué à « faire du développement professionnel une priorité », mais plutôt le processus de recherche. Les visites dans la plateforme ont coïncidé avec les moments où les participantes ont été sollicitées par la recherche. En ce sens, il serait

pertinent d'envisager la conception de fonctionnalités qui simuleraient les retombées des interventions lors d'une recherche ancrée dans une approche d'expérimentation de devis: procéder à plusieurs itérations, recueillir des données de façon plus intégrée à la plateforme (sur la satisfaction à l'égard des recommandations, par exemple), trianguler les données avec celles du journal d'événements, poursuivre des interventions sous forme de notifications par courriel, etc. Par exemple, nous pourrions identifier un seuil d'inactivité dans la plateforme grâce au journal d'événement. Lorsque ce seuil est atteint par un enseignant, une notification pourrait être envoyée par courriel en incluant des ressources personnalisées pour inciter l'enseignant à se reconnecter à la plateforme.

Dès le codesign initial, nous avons identifié que nos résultats souscrivaient à quatre des cinq stratégies que Brennan (2012) suggérait aux concepteurs d'environnement numériques d'apprentissage (présenter les possibilités, soutenir l'accès aux ressources, cultiver les relations avec les autres apprenants et créer des occasions de réflexion). La cinquième, encourager l'expérimentation, semblait moins s'appliquer à notre contexte. Compte tenu de l'expérimentation que nous avons faite, nous croyons désormais que des fonctionnalités misant sur la visualisation de données pour apprécier le chemin parcouru et évaluer le chemin à faire permettraient d'encourager l'expérimentation.

7.3. Une limite de la recherche

Cette recherche impliquait activement les participantes sur une durée de trois mois. C'est entre autres pourquoi le nombre de participantes fut peu élevé. Nous avons fait le choix d'analyser en profondeur l'expérience d'utilisation du prototype par les enseignants ainsi que leur satisfaction à son égard de manière à faire évoluer ce dernier en fonction de leurs besoins. Ce faible nombre a toutefois eu différentes conséquences, notamment le fait que certaines participantes étaient les seules participantes dans leur discipline respectives ou dans leur institution. Elles ne pouvaient donc pas bénéficier des recommandations personnalisées basées sur les ressources appréciées par leurs collègues de leur discipline ou de leur collège (les plus récemment aimées et les plus aimées). Une autre conséquence du faible nombre de participantes est le faible nombre d'évaluations faites par les enseignantes des ressources consultées, entraînant deux problèmes bien documentés : ne pas avoir suffisamment d'information au démarrage (*cold-start problem*) et ne pas avoir suffisamment d'informations pour identifier des utilisateurs ayant des préférences similaires (*sparsity problem*).

7.4. Les pistes de recherche et de développement

En plus de la possibilité de développer des fonctionnalités simulant nos interventions lors de la recherche (notifications par courriel, questionnaires sur les perceptions et la satisfaction, etc.), nous envisageons plusieurs pistes de développement.

La première étape sera d'automatiser certaines opérations qui ont été faites manuellement afin de valider le prototype. Nous prévoyons également l'ajout de ressources provenant d'autres organismes. Les autres pistes de développement concernent le soutien à la formulation d'objectifs en utilisant, par exemple, les objectifs formulés par des collègues ou un questionnaire soutenant un diagnostic par l'enseignant. Nous prévoyons également des fonctionnalités permettant aux enseignants de réfléchir explicitement sur leurs pratiques ; jusqu'ici, cette réflexion peut être faite de façon autonome par les enseignants, mais elle n'est pas soutenue dans la plateforme. Ces nouvelles fonctionnalités pourraient nous permettre de nouvelles pistes de recherche, notamment sur les deux buts ayant obtenu les plus faibles résultats au terme du processus (faire du développement professionnel une priorité et poser un regard réflexif sur l'innovation).

Quant aux autres pistes de recherche, elles concernent différents aspects. Il nous semble intéressant d'explorer les liens entre les préférences déclarées par les enseignants et les préférences déduites par le modèle : les préférences qu'il est possible de déduire à partir des ressources appréciées sont-elles similaires aux préférences que déclare un enseignant ? En quoi sont-elles différentes, et quelles sont les implications pour la recommandation de ressources ? Nous pourrions explorer également les préférences implicites qui pourraient être utilisées, comme le fait de cliquer sur un lien. Ce pourrait être une solution aux problèmes du manque d'évaluations que les enseignants font des ressources qu'ils consultent, un problème mentionné dans les limites de cette étude.

Une autre piste de recherche concerne la place des conseillers pédagogiques dans l'accompagnement des enseignants utilisant un environnement numérique misant sur leur agentivité. Il n'est évidemment pas question de remplacer les conseillers pédagogiques, que nous considérons essentiels au développement professionnel des enseignants, mais plutôt de leur permettre d'accéder à certains éléments que l'enseignant choisirait de partager. Ainsi, un conseiller pédagogique serait davantage en mesure d'offrir du soutien et des ressources appropriées à un

enseignant pour l'accompagner dans la poursuite de ses objectifs de développement professionnel.

Nous envisageons aussi que l'utilisation d'un environnement numérique misant sur l'agentivité pourrait contribuer à l'augmentation de la reconnaissance des démarches de développement professionnel initiées par les enseignants, de même qu'à la reconnaissance de leur expertise. Nous croyons qu'il s'agira d'une piste à explorer lorsque la plateforme sera diffusée à un plus large public.

Puisque nous n'avons pas investigué le fait que seules des personnes de genre féminin se soient montrées intéressées à participer à cette recherche, il s'agirait là d'une autre piste d'investigation à poursuivre et dont les résultats seraient susceptibles d'en influencer autant le design que l'usage.

Les pistes de recherche et de développement pourront éventuellement être exploitées à d'autres ordres d'enseignement, et même dans d'autres professions. Nous sommes toutefois d'avis que le travail de codesign devrait d'abord être fait avec les principaux acteurs concernés afin d'identifier les buts que ceux-ci souhaiteraient voir soutenus par une plateforme numérique de soutien à l'exercice de l'agentivité dans un contexte de développement professionnel.

8. Conclusion

Nous avons investigué de façon itérative la contribution du numérique à l'exercice de l'agentivité des enseignants en nous intéressant à trois questions, soit le soutien que pouvait apporter le prototype à l'agentivité des enseignants, leur satisfaction à l'égard des ressources de développement professionnel recommandées par le prototype ainsi que leur satisfaction à l'égard de l'expérience utilisateur. Ce faisant, nous avons peaufiné le prototype dont les fonctionnalités initiales ont été identifiées préalablement avec des enseignants. Au terme des trois itérations, nous avons obtenu une plateforme fonctionnelle, mise à l'épreuve et pouvant désormais être utilisée par l'ensemble des enseignants du réseau collégial québécois. Nous avons observé la variation de l'utilisation des fonctionnalités selon plusieurs paramètres: la nouveauté (les nouvelles fonctionnalités implémentées chaque itération) et le contexte d'utilisation (par exemple, les fonctionnalités liées au profil sont devenues moins utilisées alors que le profil se stabilisait). Nous avons également observé que les trois envois du questionnaire aux enseignantes ont coïncidé avec les moments où le nombre d'actions faites dans la plateforme avait augmenté,

ce qui témoigne d'une certaine influence de la méthode d'investigation privilégiée sur l'utilisation de la plateforme par les enseignantes.

Nous avons montré que la plateforme a permis aux participantes d'accéder à des ressources mutualisées, provenant de plusieurs sources et permettant d'emprunter des voies diversifiées, sans toutefois devoir investir le temps qui aurait été nécessaire pour colliger toutes ces ressources. Au fil des itérations, les données amassées sur les préférences et le profil des participantes ont permis d'avoir accès à des ressources personnalisées.

La plateforme a ainsi été un médiateur technologique de l'agentivité, permettant aux participantes de poursuivre leurs objectifs de développement professionnel. Ce faisant, au-delà de l'agentivité individuelle et collective, sur lesquelles nous avons misé, c'est aussi l'agentivité par procuration qui a été mise à contribution.

REMERCIEMENTS

Les auteures tiennent à remercier le Fonds de recherche du Québec - Société et Culture (FRQSC) pour le financement du projet. Elles remercient également Christine Hamel pour sa relecture de l'article et pour ses commentaires.

RÉFÉRENCES

Adomavicius, G. et Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering*, (6), 734-749. <https://doi.org/10.1109/tkde.2005.99>

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.

Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: an agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>

Bandura, A. (2006). *Apprendre par soi-même : autoformation et agentivité humaine* [communication]. 7^e colloque européen sur l'Autoformation. Faciliter les apprentissages autonomes, Toulouse, France.

Bandura, A. (2019). *Auto-efficacité : Comment le sentiment d'efficacité personnelle influence notre qualité de vie*. De Boeck Supérieur.

Brennan, K. (2012). *Best of both worlds: issues of structure and agency in computational creation, in and out of school* [thèse de doctorat]. Massachusetts Institute of Technology.

Breuleux, A., Erickson, G., Laferrière, T. et Lamon, M. (2002). Devis sociotechniques pour l'établissement de communautés d'apprentissage en réseau : principes de conception et conditions de réussite résultant de plusieurs cycles d'intégration pédagogique des TIC. *Revue des sciences de l'éducation*, 28(2), 411-434.

Briand, C. et Larivière, N. (2014). Les méthodes de recherches mixtes : illustration d'une analyse des effets cliniques et fonctionnels d'un hôpital de jour psychiatrique. Dans M. Corbière et N. Larivière (dir.), *Méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes* (p. 625-648). Presses de l'Université du Québec.

Bruillard, É. et Baron, G. L. (2009). Travail et apprentissage collaboratifs dans l'enseignement supérieur : opinions, réalités et perspectives. *Quaderni*, 69, 105-113.

Camacho, L. A. G. et Alves-Souza, S. N. (2018). Social network data to alleviate cold-start in recommender system: A systematic review. *Information Processing & Management*, 54(4), 529-544. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.03.004>

Carver, C. S. et Scheier, M. F. (2000). On the structure of behavioral self-regulation. Dans M. Boekaerts, P. R. Pintrich et M. Zeidner (dir.), *Handbook of self-regulation* (p. 41-84). Elsevier Academic Press.

Cheng, Y. C. (2009). Paradigm shift in pre-service teacher education. Implications for innovation and practice. Dans C. P. Lim, K. Cock, G. Lock et C. Brook (dir.), *Innovative practices in pre-service teacher education* (p. 3-22). Sense.

Collins, A., Joseph, D. et Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

Creswell, J. W. et Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4^e ed.). Sage publications.

CSE. (2000). *La formation du personnel enseignant du collégial : un projet collectif enraciné dans le milieu*. Gouvernement du Québec.

CSE. (2014). *Le développement professionnel, un enrichissement pour toute la profession enseignante*. Gouvernement du Québec.

Cui, W., Huang, L., Liang, L. et Li, J. (2009). The research of PHP development framework based on MVC pattern. Dans S. Sohn (dir.), *Proceedings of the 4th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT 2009)* (p. 947-949). IEEE.

Daele, A. (2004). *Développement professionnel des enseignants dans un contexte de participation à une communauté virtuelle : une étude exploratoire* [rapport de recherche du diplôme d'études approfondies]. Université catholique de Louvain, Louvain, Belgique.

Darling-Hammond, L., Hyster, M. E. et Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.

Day, C. (1999). *Developing teachers: The challenges of lifelong learning*. Falmer Press.

Deschênes, M. (2018). Favoriser le développement professionnel des professeurs du collégial : pistes de réflexion issues de la recherche. *Pédagogie collégiale*, 28(2), 5-11.

Deschênes, M. (2020). Recommender systems to support learners' agency in a learning context: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(50), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00219-w>

Deschênes, M. et Laferrière, T. (2019). Le codesign d'une plateforme numérique fondé sur des principes au service de l'agentivité des enseignantes et des enseignants en contexte de développement professionnel. *Canadian Journal of Learning Technology*, 45(1), 1-20. <https://doi.org/10.21432/cjlt27798>

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.

Dillenburg, P. (2002). Over-scripting CSCL. Dans P. A. Kirschner (dir.), *Three worlds of CSCL: Can we support CSCL?* (p. 61-91). Open University of the Netherlands.

Drachler, H., Pecceu, D., Arts, T., Hutten, E., Rutledge, L., Van Rosmalen, P. et Koper, R. (2010). ReMashed: An usability study of a recommender system for mash-ups for learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, (S1), 7-11. <https://doi.org/10.3991/ijet.v5s1.1191>

Engeström, Y. et Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5(1), 1-24.

Fazeli, S., Drachler, H., Bitter-Rijkema, M., Brouns, F., Van der Vegt, W. et Sloep, P. B. (2018). User-centric evaluation of recommender systems in social learning platforms: Accuracy is just the tip of the iceberg. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(3), 294-306. <https://doi.org/10.1109/tlt.2017.2732349>

Goodyear, P., Jones, C. et Thompson, K. (2014). Computer-supported collaborative learning: Instructional approaches, group processes and educational designs. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4^e éd., p. 439-451). Springer.

Gunawardana, A. et Shani, G. (2015). Evaluating recommender systems. Dans F. Ricci, L. Rokach et B. Schapira (dir.), *Recommender systems handbook* (2^e éd., p. 265-308). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6_8

Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: understanding the relationship between user and product. Dans M. Blythe, C. Overbeeke, A. F. Monk et P. C. Wright (dir.), *Funology. From usability to enjoyment* (p. 31-42). Kluwer.

Hassenzahl, M. (2008, septembre). User Experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. Dans É. Brangier, G. Michel, J. M. C. Bastien et N. Carbonell, *Proceedings of the 20th international conference on Association francophone d'interaction homme-machine (IHM 2008)* (p. 11-15). ACM. <https://doi.org/10.1145/1512714.1512717>

Hassenzahl, M. (2010). Experience design: Technology for all the right reasons. Dans J. M. Carroll (dir.), *Synthesis lectures on human-centered informatics*. Morgan & Claypool.

International Organization for Standardization (ISO). (2019). *ISO 9241-210: Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*. ISO.

Konstan, J. A. et Riedl, J. (2012). Deconstructing recommender systems: How Amazon and Netflix predict your preferences and prod you to purchase. *IEEE Spectrum*.

Laferrrière, T. (2017). Les défis de l'innovation selon la théorie de l'activité : le cas de l'école (éloignée) en réseau. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 40(2), 1-30.

Lallemand, C., Gronier, G. et Koenig, V. (2015). User experience: a concept without consensus ? Exploring practitioners' perspectives through an international survey. *Computers in Human Behavior*, 43, 35-48.

Lieberman, A. et Miller, L. (2001). *Teachers caught in the action: Professional development that matters*. Teachers College Press.

Mandran, N. (2018). *Méthode traçable de conduite de la recherche en informatique centrée humain. Modèle théorique et guide pratique*. ISTE Editions.

Mascret, N., Maïano, C. et Vors, O. (2016). Buts motivationnels d'accomplissement des enseignants: l'influence de l'appartenance à un établissement « difficile » et de l'ancienneté. *Revue française de pédagogie*, 194, 29-46.

Oduwobi, O. et Ojokoh, B. A. (2015). Providing personalized services to users in a recommender system. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 10(2), 26-48. <https://doi.org/10.4018/ijwlwt.2015040103>

Poyet, F. (2016). Généralisation des usages des ENT dans l'enseignement secondaire en France: analyse diachronique (2009-2014), *Sticef*, 23(2), 9-32. <https://doi.org/10.23709/sticef.23.2.1>

Pucillo, F. et Cascini, G. (2014). A framework for user experience, needs and affordances. *Design Studies*, 35(2), 160-179.

Ricci, F., Rokach, L. et Shapira, B. (2015). Recommender systems: introduction and challenges. Dans F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira et P. B. Kantor (dir.), *Recommender systems handbook* (p. 1-34). Springer.

Sanders, E. B.-N. et Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign*, 4(1), 5-18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>

Schrepp, M., Hinderks, A. et Thomaschewski, J. (2017). Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (UEQ-S). *IJIMAI*, 4(6), 103-108.

Severance, S., Penuel, W. R., Sumner, T. et Leary, H. (2016). Organizing for teacher agency in curricular co-design. *Journal of the Learning Sciences*, 25(4), 531-564.

Van Manen, M. (1990). *Researching lived experience: Human science for an action sensitive pedagogy*. State University of New York Press.

Vandewaetere, M. (2011). *Learner control for adaptive learning: The importance of learners' perceptions* [thèse de doctorat]. Centre for Instructional Psychology and Technology, Leuven, Belgique.

Voogt, J., Laferrière, T., Breuleux, A., Itow, R. C., Hickey, D. T. et McKenney, S. (2015). Collaborative design as a form of professional development. *Instructional Science*, 43(2), 259-282. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9340-7>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wu, H. M., Tzeng, S., et Chen, C. H. (2008). Matrix visualization. Dans Chen, C., Härdle, W. et Unwin, A. *Handbook of data visualization* (p. 681-708). Springer.

ANNEXE A : QUESTIONNAIRE

Évaluation de la plateforme - Questionnaire [1 | 2 | 3]

À l'aide de l'échelle suivante : Complètement en désaccord (1), En désaccord (2), Ni en accord, ni en désaccord (3), En accord (4), Complètement en accord (5) :

1. Dans quelle mesure considérez-vous que la plateforme utilisée vous permet de :

	1	2	3	4	5
Faire du développement professionnel une priorité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poser un regard réflexif sur l'innovation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faciliter l'accès aux ressources pour mieux connaître les occasions de développement professionnel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faciliter l'accès aux ressources pour accéder aux activités de développement professionnel les plus appropriées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faciliter les échanges et le partage pour obtenir un accompagnement informel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faciliter les échanges et le partage pour apprendre des autres et avec les autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Expliquez vos réponses au besoin

2. Après avoir utilisé la plateforme, répondez à ces questions pour évaluer les ressources proposées.

	1	2	3	4	5
Les ressources recommandées sont pertinentes pour mon objectif de développement professionnel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les ressources recommandées me fournissent de nouvelles informations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les ressources recommandées diffèrent considérablement les unes des autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les ressources recommandées me sont utiles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les ressources recommandées me surprennent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Expliquez vos réponses au besoin

3. Cette question se présente sous forme de paires de mots où paire représente un contraste. Les échelons entre les deux extrémités vous permettent de décrire l'intensité de la qualité choisie.

Handicapant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aidant
Compliqué	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Simple
Inefficace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Efficace
Clair	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Confus
Ennuyeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Captivant
Inintéressant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Intéressant
Conventionnel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Original
Commun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inédit

Si vous aviez une fonctionnalité à ajouter ou une amélioration à faire à la plateforme, quelle serait-elle ?



Évaluer l'utilité d'un EIAH : difficultés rencontrées lors d'une expérience randomisée

► **Matthieu CISEL** (IDHN, Institut des humanités numériques, CY Cergy Paris Université)

■ **RÉSUMÉ** • Cette rubrique présente, sous la forme d'un retour d'expérience, une tentative d'évaluer l'utilité d'un module du Carnet Numérique de l'Élève-Chercheur (CNEC), un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH) à destination de classes de collège. Cette application vise notamment à étayer la rédaction de propositions scientifiques – hypothèses, protocoles, etc. – dans le cadre de démarches d'investigation. Nous avons étudié la possibilité de mettre en place une expérience randomisée. Cette étude de faisabilité, où nous avons été simultanément chercheur et enseignant, a permis une réflexion sur les difficultés de cette approche, que nous exposons ici. L'accumulation des obstacles nous a conduit à préférer des approches qualitatives pour évaluer l'utilité de l'EIAH.

■ **MOTS-CLÉS** • EIAH, évaluation, démarche d'investigation, expérience randomisée.

■ **ABSTRACT** • *This paper presents, as an experience feedback, an attempt to assess the usefulness of a module of the Student-Researcher Digital Notebook, a computer-based learning environment intended for middle schools. This artefact aims at scaffolding the writing of scientific propositions –hypotheses, protocols, etc.– in the context of inquiry learning. We investigated the possibility of setting up a randomized experiment. This feasibility study, during which we were simultaneously a biology teacher and a researcher, led to a reflection on the difficulties of this approach, which we set out here. The accumulation of obstacles led us to prefer qualitative approaches for assessing the usefulness of the learning environment.*

■ **KEYWORDS** • *Learning environment, assessment, inquiry learning, randomized experiment.*

1. Introduction

Dans cette rubrique, nous menons une réflexion sur la faisabilité d'une expérience randomisée visant à évaluer en classe l'utilité du module « Brouillon de Recherche » du Carnet Numérique de l'Elève-Chercheur (CNEC, <https://www.cnec.fr/l/>) (Baron *et al.*, 2019), un EIAH développé dans le cadre du projet « Les Savanturiers du Numérique » (Cisel *et al.*, 2019). La fonction de ce module est d'étayer la rédaction de productions scientifiques (hypothèses, protocoles, etc.), dans le cadre de démarches d'investigation menées à l'école primaire et au collège. Après avoir rappelé le contexte politique et scientifique dans lequel s'inscrit ce projet, nous présentons plus avant la démarche de cet article : mettre en lumière les obstacles que nous avons rencontrés en tâchant de mettre en œuvre une telle approche quantitative de l'évaluation. Nous décrivons dans la section 2 certaines caractéristiques saillantes du CNEC, et notamment du module Brouillon de Recherche qui est au centre de cette étude, ainsi que le rôle que nous avons joué dans sa conception. Puis nous présentons en section 3 les principaux obstacles que nous avons identifiés. La discussion s'ouvre ensuite, d'une part, sur la question du caractère généralisable des résultats obtenus et, d'autre part, sur les déterminants de notre réorientation vers des méthodes qualitatives.

1.1. Engouement contemporain pour les expériences randomisées

Selon les promoteurs du courant que les anglo-saxons qualifient d'*Evidence-Based Education* (EBE) (Slavin, 2002), que l'on peut traduire par « Éducation fondée sur des données probantes », les pratiques pédagogiques ont vocation à faire la preuve de leur efficacité, sur la base d'études scientifiques. Celles qui mobilisent le numérique ne font pas exception (Chaptal, 2003). L'enjeu réside alors dans l'identification de ce qui fait preuve. Pour les défenseurs de ce courant, les expérimentations randomisées constituent l'approche dont la valeur probatoire est la plus forte. Celles-ci désignent les protocoles fondés sur la constitution randomisée d'un groupe expérimental avec lequel on met en œuvre la pratique à évaluer, et dont on compare les performances avec celles d'un groupe témoin qui n'est pas concerné par la pratique. Cela va généralement de pair avec l'organisation d'un pré-test, en amont de la pratique évaluée, et d'un post-test, en aval, qui permet de comparer les performances avant et après l'intervention.

Relativement marginales jusqu'à peu dans la littérature scientifique (Cook, 2002), ces expérimentations semblent être de plus en plus appréciées dans les instances dirigeantes de l'Éducation nationale en France, en particulier dans un contexte de renforcement des protocoles d'évaluation standardisés des compétences des élèves (Yerly, 2017). Il est vraisemblable que nous rejoignons désormais en France ce qui s'est passé outre-Atlantique il y a de cela quelques décennies, lorsque l'administration Bush lançait le programme *No Child Left Behind* (Abedi, 2004). Les pratiques reconnues comme les plus efficaces étaient mutualisées *via* des sites comme *What works - clearing house* (<https://ies.ed.gov/ncee/wwc/>), qui répertorient un certain nombre de pratiques évaluées à l'échelle fédérale sur la base de ces méthodes expérimentales. Les Britanniques, à travers l'*Education Endowment Foundation* (<https://educationendowmentfoundation.org.uk/>), ont suivi une démarche relativement similaire.

En France, l'ingénierie didactique (Artigue, 1989) a précédé de plusieurs décennies l'engouement contemporain pour l'expérimentation randomisée, mettant en œuvre des approches analogues. Néanmoins, un changement d'échelle semble être recherché, tant en termes de nombre d'expérimentations que de nombre d'enseignants participant aux expérimentations. L'analyse des sujets présentés au colloque des 15 et 16 octobre 2019 consacré à la présentation des projets eFRAN (espaces de Formation, de Recherche et d'Animation Numérique) suggère notamment que les organismes de financement et les rectorats semblent de plus en plus séduits par les projets qui mettent en avant des expérimentations randomisées. On peut craindre qu'une telle orientation ne favorise la propagation de l'idée selon laquelle la recherche hexagonale doit se concentrer sur ces approches, imitant ainsi des approches promues dans le monde anglo-saxon.

1.2. Présentation de la démarche

Cette rubrique vise à faire le point sur les problèmes rencontrés lors de l'étude de faisabilité d'une expérience randomisée. Si la tendance actuelle doit amener à convaincre un nombre croissant d'enseignants de s'impliquer dans des évaluations de leurs pratiques, il convient de communiquer davantage auprès des praticiens sur les contraintes inhérentes aux protocoles d'évaluation. Les enseignants qui se lancent pour la première fois dans une expérimentation randomisée, tout comme les chercheurs, gagneraient à mieux les appréhender au moment de la mise au point des protocoles.

Ces considérations nous ont amené à proposer cette contribution fondée sur une expérience personnelle, où nous nous sommes placé simultanément dans le rôle du chercheur et dans le rôle de l'enseignant, difficulté méthodologique de taille. Les obstacles que nous avons rencontrés découlent dans une large mesure de contingences spécifiques à notre terrain et à nos problématiques ; ils peuvent néanmoins illustrer des tensions plus générales associées ce type de démarche. Nous nous inscrivons ainsi dans la lignée de travaux critiques de cette approche (Baron et Bruillard, 2007 ; Biesta, 2010).

2. Contexte de la réflexion et éléments de description du protocole

Cette section présente d'abord le contexte dans lequel a été menée notre réflexion. Nous revenons ensuite sur les travaux qui ont inspiré la mise au point du protocole d'expérimentation, sur le module Brouillon de Recherche et sur les étayages qu'il porte, pour nous pencher enfin sur le protocole envisagé.

2.1. Présentation du projet de conception du CNEC

La vocation du CNEC est d'instrumenter les projets du programme « Savanturiers », fondé en 2013 par une ancienne professeure des écoles et à destination du primaire et du secondaire (Barbier, 2019). Le programme vise à développer des mini-projets de recherche, encadrés par des mentors généralement issus du milieu académique, afin d'initier les élèves aux méthodes de l'investigation scientifique. Ces derniers prennent une part active aux différentes étapes de la démarche, de la formulation de la question de recherche à l'interprétation des résultats. Le développement informatique est assuré par l'entreprise *Tralalère*, qui est propriétaire du code et décide en dernière instance des développements effectués. Elle n'est pas en position de prestataire, mais de partenaire. Les académies de Paris et de Créteil facilitent l'accès au terrain et effectuent des retours utilisateurs, et le laboratoire EDA, où j'effectuais mon post-doctorat, est responsable de la conduite d'une recherche, dont les axes n'étaient pas pleinement déterminés au moment du dépôt du projet.

La participation à l'évaluation de l'utilité du CNEC, une fois les prototypes suffisamment robustes pour être mobilisés en classe, faisait explicitement partie des missions attribuées au laboratoire au moment de la constitution du consortium. Nous avons pour cette raison exploré la diversité des approches possibles (Tricot *et al.*, 2003 ; Nogry *et al.*, 2004 ;

Jamet, 2006). Le positionnement des financeurs et décideurs du programme eFRAN en faveur des expérimentations randomisées nous a amené à envisager une approche quantitative de l'évaluation. Une étude de faisabilité s'imposait en amont avant de mettre en place des expérimentations mobilisant près d'une dizaine de classes. Pour cette raison, nous avons pris la responsabilité de deux classes de quatrième en tant qu'enseignant de SVT, avec l'accord des autorités académiques, afin de mener cette étude de faisabilité. L'étude visait à identifier les biais qui pourraient affecter les résultats de l'expérience, pour les prendre en compte dans la mise au point de la version finale du protocole. L'objectif de la démarche consistait à évaluer l'utilité d'un module en particulier, le Brouillon de Recherche, dont la vocation est de structurer la rédaction de productions scientifiques comme des questions de recherche, des hypothèses ou des protocoles. La démarche était assez proche de celle qui a été suivie par Bonnat (2017) ou Saavedra (2015) dans leurs thèses respectives. L'échantillon d'une soixantaine d'élèves avec lequel nous pouvions expérimenter était *a priori* d'une taille suffisante pour tester la faisabilité des protocoles expérimentaux envisagés.

Dans la mesure où nous avons enseigné dans deux classes pour mettre en œuvre des expériences en éducation, nous parlerons ici d'un double point de vue : celui du chercheur, co-concepteur d'une technologie éducative qu'il souhaite évaluer, et celui du professeur de sciences de la vie et de la terre, prenant ses premières classes spécialement pour l'occasion.

2.2. Fonctionnement des étayages du Brouillon de Recherche

Le CNEC est composé de six modules interconnectés (Cisel, Barbier et Baron, 2019). Le module dit du Brouillon de Recherche a été choisi pour le protocole expérimental car il permet de mesurer des performances individuelles en matière de rédaction de propositions scientifiques. Selon la logique de co-conception qui caractérisait ce projet eFRAN, nous nous sommes considérablement impliqués dans le développement de son cahier des charges, avant même que ne soit envisagée l'étude de faisabilité présentée ici.

Sur la base de travaux de synthèse consacrés à la conception d'EIAH (Quintana *et al.*, 2004) et en amont de l'étude de faisabilité, nous avons effectué un certain nombre de recommandations aux développeurs, et notamment celle de développer des étayages. Nous nous sommes inspirés d'environnements comme *Knowledge Forum* produit au Canada

(Scardamalia et Bereiter, 2003), *WISE* de Stanford (Slotta et Linn, 2009), *LabNbook* (Girault et d’Ham, 2014 ; Wajeman *et al.*, 2015), ou *Hypothesis Scratchpad* (Joolingen et Jong, 1991) pour produire des étayages visant à aider les élèves à formuler des hypothèses, des questions, etc.

Le principe, illustré en figure 1, est le suivant : au lieu de partir d’une page blanche pour commencer une recherche, les élèves choisissent, dans une liste, une section correspondant à une étape donnée de la recherche (Question, Hypothèse, Protocole, Collecte, Analyse et Interprétation, Conclusion). Un brouillon de recherche apparaît alors et, en fonction de la section choisie, des ouvreurs de phrase spécifiques apparaissent, afin de mieux faire comprendre ce qui est attendu.

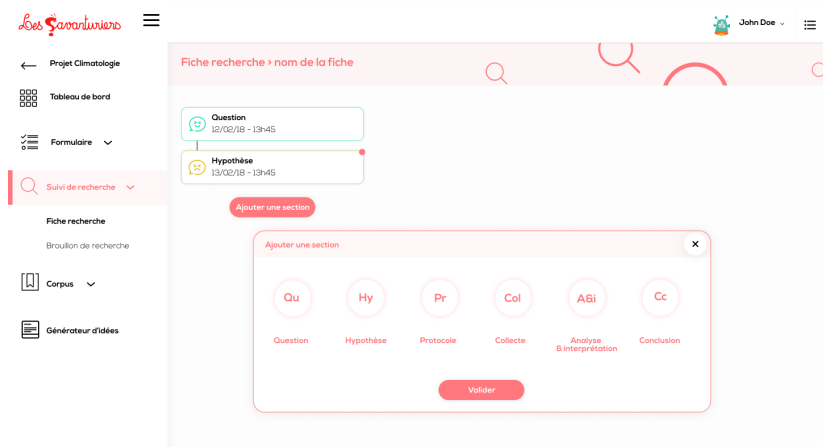


Figure 1 • Interface de la Fiche-Recherche permettant de choisir un Brouillon de Recherche spécifique à une étape de la démarche

Par exemple, pour la rédaction d’une question, nous pouvons proposer un ouvreur de phrase comme : *Nous cherchons à savoir pourquoi*, ou *Nous cherchons à savoir comment*, selon le type de question que l’on se pose. Pour un protocole, on pourra proposer un étayage comme *La première étape du protocole consiste à*, pour indiquer qu’il s’agit de dresser une liste d’actions, à la manière d’une recette de cuisine. Lorsque l’élève clique sur l’étayage, celui-ci s’affiche alors dans le champ texte situé en dessous, champ qu’il complète en fonction de ce qu’il désire écrire. Des questions d’autoévaluation sont ensuite proposées pour amener l’élève à une certaine réflexivité sur sa production. Une fois ces différentes étapes passées, l’utilisateur peut envoyer la phrase ainsi construite à l’enseignant pour évaluation.

2.3. Protocole envisagé pour l'évaluation

Le protocole retenu est inspiré des travaux portant sur l'évaluation empirique de tels étayages, que cela soit dans le monde anglo-saxon (Azevedo *et al.*, 2004) ou dans des recherches francophones portant sur le *LabNBook* (Bonnat, 2017 ; Saavedra, 2015). Ce dernier EIAH instrumente la conception expérimentale dans les sciences naturelles. Les auteurs définissent des critères de qualité pour les productions des élèves et s'attachent à montrer que les étayages proposés améliorent la qualité des productions écrites.

Dans le cadre de notre étude de faisabilité, les élèves du groupe témoin comme ceux du groupe expérimental se voient proposer un phénomène à expliquer - blanchiment de récifs coraliens, disparition des amphibiens en Amazonie, etc. - et doivent proposer des explications. Un groupe travaille à partir des étayages numériques du Brouillon de Recherche, l'autre reçoit des questions équivalentes sur papier. À l'issue des tests organisés a posteriori, lors de contrôles, nous comparons les hypothèses produites par les deux groupes sur la base d'un certain nombre de critères : adéquation avec le problème posé, existence d'une conséquence vérifiable, c'est-à-dire une manière de la tester, qualités rédactionnelles. Si l'application a une valeur ajoutée par rapport au papier, on devrait constater que les élèves utilisant le Brouillon de Recherche réalisent *a priori* des productions de meilleure qualité que ceux qui disposent d'instructions sur papier, au regard des différents critères retenus. Le choix de retenir le papier pour l'activité témoin est à mettre au regard de l'objectif de l'expérience : montrer la valeur ajoutée du Brouillon de Recherche sur les activités « papier » que mettent déjà en place les enseignants.

3. Obstacles rencontrés lors de la mise en œuvre d'une expérimentation randomisée

Les problèmes rencontrés lors de la mise en place d'un début d'expérience randomisée ont été de plusieurs ordres. Nous n'avons pas pu constituer des groupes expérimentaux de manière randomisée, c'est-à-dire en créant deux groupes au sein d'une classe qui réaliseront des tâches différentes, et en attribuant aléatoirement les élèves de la classe à l'un des deux groupes. Ensuite, la comparabilité des conditions de l'expérience entre groupes témoins et groupes expérimentaux a été mise à mal par un certain nombre d'aléas : problèmes de connexion et de connectivité, aléas de la vie scolaire. Enfin, nous avons été mis en difficulté pour mesurer des performances authentiquement individuelles, étant incapables d'empêcher totalement les interactions entre élèves.

3.1. La randomisation, un casse-tête logistique

Les contraintes posées par la randomisation soulèvent plusieurs problèmes de logistique, traités dans les paragraphes qui suivent.

3.1.1. De l'importance de la randomisation

Nous avons été confrontés en premier lieu au problème de la constitution des groupes. Utiliser une classe comme témoin et l'autre classe comme groupe expérimental est contraire au principe de randomisation que l'on doit suivre lors de la constitution de l'échantillon, quel que soit le nombre de classes suivies. La répartition des élèves par seconde langue illustre le propos. Les classes ayant pour seconde langue l'allemand rassemblent généralement les meilleurs éléments, ce qui peut biaiser l'analyse. C'était d'ailleurs la situation à laquelle nous faisons face en tant qu'enseignant, avec une classe dominée par les germanistes et une autre par les hispanisants. Pour des contrôles équivalents, il existait deux points de différence entre les moyennes des deux classes au premier trimestre. Si nous avions utilisé le CNEC avec la meilleure des deux classes, les performances auraient sans doute été très supérieures à celles de la classe témoin, sans que l'on puisse déterminer si cette différence de performance était due à la pratique mise en place, qu'elle implique ou non du numérique, ou si elle était simplement due au fait que l'expérience avait été menée avec la meilleure des deux classes.

Il fallait donc trouver un moyen de faire des demi-groupes de manière aléatoire au sein d'une classe. Or, quand bien même aurions-nous eu le budget pour travailler en demi-groupe, la division aléatoire en demi-groupes n'a rien de naturel. Celle-ci pose en effet beaucoup de problèmes pour l'établissement, problèmes que nous évoquons dans la sous-section suivante.

3.1.2. Articuler contraintes des protocoles de recherche et contraintes institutionnelles

Les classes sont généralement divisées en deux sur la base soit du classement alphabétique, soit d'un autre critère : par exemple, les germanistes sont regroupés ensemble tandis que les hispanisants forment un second groupe, si la langue vivante choisie constitue le critère de partition. Compte tenu de ce mode de fonctionnement, cela peut poser de nombreux problèmes logistiques qu'un algorithme coupe aléatoirement en deux la classe pour créer des demi-groupes. Si pendant qu'un demi-groupe suit un cours, l'autre moitié de la classe n'a pas cours, cela ne pose pas de problème. Mais cela fonctionne

rarement ainsi. Pendant qu'un demi-groupe est en SVT, par exemple, l'autre est généralement dans un autre cours, optimisation de l'emploi du temps des élèves oblige. Par suite, il aurait fallu expliquer à l'autre enseignant pourquoi nous avons coupé la classe en deux de manière aléatoire, sans suivre les divisions pratiquées habituellement. Par ailleurs, il aurait également été nécessaire que nous intervenions plus en amont, en juin, pour expliquer la démarche à la direction de l'établissement, afin que les protocoles de recherche soient pris en compte dans la mise en place des emplois du temps. Il aurait fallu au moins leur demander de produire des emplois du temps complexes et susceptibles d'entraîner un certain nombre de désagréments pour les élèves.

Tout en travaillant en classe entière, on aurait pu couper aléatoirement la classe en deux, chacune des deux moitiés se consacrant à une activité différente. C'est, après tout, le principe de la différenciation pédagogique. Néanmoins, même pour un enseignant expérimenté, gérer deux activités distinctes dans un même environnement peut représenter une difficulté. Cela complexifie singulièrement le bon déroulement du protocole expérimental. En particulier, du fait de la difficulté à contrôler la temporalité de la séance, il devient difficile de s'assurer que les élèves des deux groupes réalisent l'activité dans des conditions comparables. Cette considération va nous amener, dans la section qui suit, à développer davantage la question de la comparabilité des conditions de l'expérience.

3.2. Comparabilité des conditions de l'expérience

Pour des raisons pratiques, nous avons renoncé à créer des sous-groupes au sein d'une classe, préférant une classe comme témoin, et l'autre comme groupe expérimental. L'objet de l'étude de faisabilité était d'identifier les principaux problèmes potentiels, et une telle approche quasi expérimentale suffisait pour ce faire. Pour pouvoir être en mesure de comparer les performances des deux classes, la première étape consistait à concevoir des activités équivalentes entre le groupe témoin travaillant avec du papier. Nous avons produit des consignes identiques pour nous en assurer. Il fallait ensuite mener les activités dans des conditions comparables, et notamment respecter scrupuleusement des questions de temporalités - durée des activités, mais aussi parfois écart temporel entre deux activités. Sur ces points, les aléas de la vie scolaire ont constitué des obstacles de taille.

3.2.1. Le temps de connexion à l'application, un exemple de biais récurrent

Le temps de connexion à l'application a constitué une variable qui interférait avec la comparabilité des conditions de l'expérience entre groupes. Il est nécessaire pour se connecter d'utiliser des identifiants spécifiques. Il faut généralement plus d'un quart d'heure pour que tous les élèves soient connectés et le désordre qu'impliquent les difficultés récurrentes de connexion impacte le bon déroulé de l'activité. Tous les élèves ne mettent pas le même temps pour se connecter, tantôt pour des raisons techniques, tantôt pour des raisons de comportement et de maîtrise des outils.

Théoriquement, il faudrait attendre que les derniers élèves se soient connectés pour laisser les premiers commencer l'activité, sans quoi les conditions dans lesquelles les élèves réalisent l'activité ne sont pas comparables. Les uns auront travaillé une demi-heure là où les mêmes y auront passé près du double. Il n'est dès lors pas étonnant que les élèves n'aient pas avancé autant à la fin de la séance et ne présentent pas les mêmes performances. Il faudrait également s'assurer que les élèves qui travaillent sur papier aient le même temps de travail et le modifier en fonction du temps dont auront disposé les élèves du groupe expérimental. Il a été impossible de contrôler de manière rigoureuse cette variable. Pour que les problèmes de connexion soient équivalents entre groupes, on aurait également pu faire travailler le groupe témoin avec une version du Brouillon de Recherche sans étayage, et faire travailler le groupe expérimental avec le module portant les étayages. Mais ce choix nous aurait amenés à changer l'objectif de notre expérience, comparer avec les activités équivalentes sur papier.

Second point, la performance des élèves varie selon les jours de la semaine ; elle est sensiblement différente avant les vacances ou après les vacances, en début ou en fin de matinée, et pour cette raison le calendrier de l'expérience doit être adapté en fonction. Tous les événements qui changeaient le calendrier de l'expérience pour un seul des deux groupes remettaient en question la validité des résultats. Plusieurs aléas peuvent imposer de modifier le calendrier de l'expérience. La première fois, ce fut un défaut de connectivité. La bande passante de l'établissement était encore limitée au moment de l'étude et un autre enseignant avait également décidé d'utiliser les tablettes pour l'une de ses activités ; cela affectait la capacité de certains des élèves à naviguer sur Internet. Pendant vingt minutes, l'application a été inutilisable. Le test dut être reporté, modifiant le calendrier

de l'expérience. Parfois, il arrive que ce type de problème ne concerne qu'une poignée d'élèves. Existe alors la possibilité de les sortir de l'étude, mais ce choix réduit peu à peu la taille de l'échantillon considéré.

3.2.2. Diminution rapide du nombre d'élèves incorporables dans l'étude

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles un élève ne peut pas passer au moment requis l'expérience dans de bonnes conditions : retard, problème technique avec la tablette, événement impromptu. Nous avons fait le choix de sortir ces élèves de l'expérience pour ne pas biaiser les résultats et maintenir la comparabilité des conditions de passation de l'expérience. La multiplication des incidents a conduit à une diminution importante de la taille des échantillons. En définitive, seule une moitié des élèves de l'étude a pu être prise en compte.

Cette diminution serait sans doute moins problématique si l'on mobilisait des dizaines de classes, pour compenser, mais la mise en place des protocoles s'en trouverait d'autant plus complexifiée. On peut raisonnablement s'attendre à ce que la présence physique d'un chercheur dans la salle augmente la rigueur du suivi des protocoles. Or plus une expérimentation gagne en ampleur, plus il est difficile de maintenir cette présence dans toutes les classes, et donc de s'assurer que les conditions de passation des tests sont rigoureusement similaires. Ceci est aussi vrai pour la question de la mesure de performances authentiquement individuelles, comme nous allons le voir dans les paragraphes qui suivent.

3.3. Une mesure de performances véritablement individuelles ?

3.3.1. Le contrôle, une stratégie pour limiter les interactions individuelles

Nous avons choisi de nous servir des contrôles comme lieu privilégié de mesure des performances. Ce choix tient au fait que l'on peut y limiter les interactions entre élèves, ce qui permet de mesurer plus rigoureusement des performances individuelles. Sans quoi, on mesure souvent la performance d'une rangée de trois élèves qui s'entraident. S'il existe d'autres manières de limiter les interactions entre élèves, cette approche a eu le mérite de la simplicité dans le contexte qui était le nôtre. Par ailleurs, il y a un enjeu pour l'élève, qui, *a priori*, est plus engagé lorsqu'il sait qu'il va être noté. Si l'on organise une activité qui ne pèse pas sur sa scolarité, l'influence de son rapport aux activités non notées entre dans l'équation.

Typiquement, les élèves devaient soumettre individuellement des hypothèses quant aux causes de l'érosion de la biodiversité, et proposer des mécanismes pour expliquer la disparition de telle ou telle espèce : blanchiment des coraux, raréfaction des moineaux en région parisienne, surmortalité des batraciens en Amazonie. Les bénéfices apparents de la stratégie du contrôle ont néanmoins été partiellement annulés par les caractéristiques de l'établissement dans lequel nous exerçons. Les salles dans lesquelles sont organisés les contrôles sont trop petites pour que tous les élèves puissent travailler avec le même sujet. Or le fait de proposer des sujets sensiblement différents nuit à la comparabilité des performances entre élèves, qui devraient avoir dans l'idéal des tâches rigoureusement identiques. Quand bien même les salles auraient été suffisamment spacieuses, d'autres problèmes se seraient posés. Les élèves se seraient régulièrement communiqué les sujets des contrôles entre classes dès qu'ils l'auraient pu, sur le temps d'interclasse, ce qui aurait faussé les résultats. Et même en expliquant que le test n'était pas noté et qu'il ne s'agissait que d'une expérience à portée scientifique, ce type d'interactions aurait pu avoir lieu, étant donné les habitudes de discussion des élèves.

Dans la mesure où le choix d'utiliser les contrôles est particulier à notre cas d'étude et ne représente pas une pratique courante dans les protocoles d'évaluation, nous nous cantonnons ici à éclairer les conséquences de ce choix. Si cette approche représente en principe une stratégie efficace pour limiter les interactions entre élèves et mesurer des performances véritablement individuelles, elle n'est pas parfaite. D'une part, il est des interactions qui échappent au contrôle de l'enseignant. D'autre part, l'enseignant peut lui aussi vouloir interagir de manière privilégiée avec tel ou tel élève, pour des raisons légitimes sur le plan pédagogique. Nous présentons ainsi un dilemme personnel dans le dernier paragraphe de cette section, qui pourrait trouver des échos chez les praticiens engagés dans ce type d'expérimentation.

3.3.2. Une tension entre deux consciences professionnelles : la question de l'assistance aux élèves

Le problème qui suit illustre le tiraillement qu'implique parfois la « double casquette » d'expérimentateur et d'enseignant : il s'agit de la question de l'aide aux élèves en difficulté. En principe, si l'on veut que les conditions de passation de l'expérience soient strictement les mêmes pour tous les élèves, il n'est pas question d'intervenir de manière différenciée, que cela soit pendant les pré-tests, les post-tests, ou au cours de la pratique à évaluer.

Par conséquent, si un élève est en difficulté et qu'il a besoin d'une brève explication pour se lancer, on peut être amené à lui refuser au nom du suivi strict du protocole d'évaluation. Pendant les séances où nous utilisons le CNEC pour faire travailler les élèves sur la rédaction d'hypothèses, hors pré-test et post-test, il aurait fallu apporter strictement la même aide à tous les élèves si l'on voulait suivre le protocole à la lettre. Cette contrainte est particulièrement délicate, car c'est dans ces moments-là que les aides personnalisées sont les plus nécessaires. Ce tiraillement découle certes de la double contrainte associée à notre double casquette, position très particulière au demeurant. Néanmoins, on peut également arguer du fait que les enseignants qui s'engagent dans de tels protocoles ont aussi une forme de double casquette. S'ils sont avant tout praticiens, ils endossent dans une large mesure un rôle d'expérimentateur lorsqu'ils suivent un protocole à la lettre. Si nous ne prétendons pas tirer des conclusions générales à partir de ce cas d'étude, il pourrait être intéressant de se pencher sur la manière dont les enseignants qui ont été mis dans des situations analogues perçoivent cette double contrainte, et surtout, comment ils y réagissent.

4. Discussion

En endossant simultanément le rôle de l'enseignant et celui du chercheur, nous avons en théorie un large contrôle sur le déroulement des séances. Cette approche permet d'éviter d'avoir à composer avec des enseignants dont il aurait fallu modifier les pratiques, au nom d'un protocole qu'ils n'avaient pas conçu eux-mêmes. Cette approche induit des biais, comme la tension entre posture de chercheur et celle d'enseignant. Du fait de cette tension, il arrive bien souvent que l'on déroge à certains éléments d'un protocole pour des raisons pédagogiques, quitte à mettre en péril la validité de l'expérience dans son ensemble. Ces difficultés affectent la validité interne de notre travail, raison pour laquelle nous nous sommes prononcés contre une extension du protocole à de nombreuses classes.

Le dernier élément ayant contribué au choix de renoncer à une approche expérimentale quantitative est celui de la généralité des résultats que nous aurions pu obtenir *via* une telle expérimentation randomisée, ou en d'autres termes, le problème de la validité externe de notre travail. Avant de se lancer dans une expérimentation randomisée, il convient de se pencher sur les conditions à remplir pour que le propos puisse être généralisé, ce qui renvoie à la question dite de la validité externe des résultats (Onwuegbuzie, 2000; Onwuegbuzie et Johnson, 2006).

En premier lieu, les propriétés de l'EIAH doivent être exposées clairement et la méthode d'évaluation adaptée à une question de recherche, dont la portée se doit de dépasser le cas d'étude considéré. En second lieu, les performances des élèves doivent être influencées par les choix de conception plus que par des problèmes techniques. C'est en soi un défi lorsque l'on travaille avec le numérique et en particulier avec des prototypes, notamment car les bugs interfèrent régulièrement avec le bon déroulé des expériences. Dans la mesure où les problèmes techniques ou des détails de l'ergonomie jouent sur les performances des élèves, il devient difficile d'identifier les relations de causalité entre propriétés de l'EIAH et ces dernières. Si le propos semble relever du truisme, il mérite d'être rappelé au regard du contenu des débats contemporains. Les échanges informels dans des rencontres comme les colloques eFRAN suggèrent notamment que les décideurs politiques, recteurs et financeurs, encouragent l'expérimentation randomisée avec des outils numériques peu stabilisés. Ceci vise vraisemblablement à soutenir l'innovation technologique d'acteurs parfois privés, tout en finançant la recherche par la même occasion.

Les obstacles que nous avons recensés ont mis à l'épreuve la pertinence de la mise en œuvre d'une approche quantitative pour l'évaluation de l'utilité du Brouillon de Recherche. Nous avons dû abandonner l'idée en l'état pour préférer des approches plus qualitatives lors de la phase d'évaluation. Des entretiens avec les enseignants (Cisel, Barbier et Baron, 2019) nous ont par exemple permis de mieux appréhender la manière dont les enseignants se sont approprié les étayages. Entre autres axes de travail, nous avons analysé l'impact des modalités de médiation des étayages par l'enseignant sur la manière dont la terminologie qui leur était associée a pu être détournée. Par exemple, la mise à disposition des étayages a encouragé certains enseignants à utiliser le terme *expérience* pour qualifier une recherche documentaire sur Internet. Cela soulève des questions quant au caractère possiblement contre-productif des étayages, en l'absence d'une formation dédiée pour les enseignants quant à leur utilisation. Des entretiens semi-directifs nous ont permis de mieux comprendre les réticences que les enseignants peuvent exprimer quant à l'apport, par le CNEC, de termes dont ils voudraient contrôler l'introduction. L'exposition des élèves au terme *Hypothèse* dans le Brouillon de Recherche gênait par exemple des praticiens exerçant en CE2, qui préféreraient tantôt dédier une séance à l'explicitation de ce terme, tantôt ne pas l'utiliser. Ces résultats ont été obtenus par des approches qualitatives, pour un investissement en

ressources humaines somme toute bien inférieur à celui qui aurait été nécessaire pour une expérimentation randomisée de grande ampleur, même s'il va sans dire que les objectifs de ces deux types de recherche sont distincts.

Nul ne peut être contre l'application de protocoles de recherche précis, débouchant sur des résultats quantitatifs. Néanmoins, cette expérience de post-doctorat nous a amené à rejoindre la position de ceux (Cook, 2002 ; Baron et Bruillard, 2007 ; Biesta, 2010) qui pointent le fait, qu'en classe, les protocoles d'expérimentations randomisées sont souvent difficiles à appliquer de manière suffisamment rigoureuse pour permettre de produire des résultats scientifiques robustes. Ceci est *a priori* d'autant plus vrai que le nombre de classes concernées est important. Un suivi rapproché est nécessaire pour tendre vers la rigueur recherchée ; la difficulté à suivre chaque séance est telle qu'il est nécessaire que les enseignants acceptent de suivre rigoureusement les protocoles, même en l'absence du chercheur. Certes, ces protocoles sont parfois négociés avec les praticiens afin de bénéficier de leur expertise et accroître leur implication en évitant d'imposer une démarche depuis l'extérieur. Néanmoins, le changement d'échelle voulu notamment par les institutions politiques pourrait réduire la marge de négociation entre chercheurs et enseignants, et accroître les difficultés à assurer un suivi rigoureux des protocoles mis au point. L'injonction à développer davantage les expérimentations randomisées, qui se traduit dans la nature des projets financés, pourrait échouer à susciter l'adhésion de la majorité des chercheurs et des enseignants concernés, ce qui, en définitive, pourrait se révéler contre-productif sur le plan scientifique..

RÉFÉRENCES

- Abedi, J. (2004). The no child left behind act and English language learners: Assessment and accountability issues. *Educational Researcher*, 33(1), 4-14.
- Artigue, M. (1989). Ingénierie didactique. *Publications mathématiques et informatiques de Rennes*, 6, 124-128.
- Azevedo, R., Cromley, J. G. et Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 344-370. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2003.09.002>
- Barbier, C. (2019). *Vers l'appropriation de nouveaux instruments par des enseignants : le cas de la démarche d'Éducation par la Recherche et du Carnet Numérique de l'Élève-Chercheur* [mémoire de master non publié]. Université Paris-Descartes, Paris, France.
- Baron, G.-L., Barbier, C. et Cisel, M. (2019). *Synthèse sur la recherche Carnet numérique de l'élève-chercheur* [rapport de recherche, Université Paris-Descartes, Paris, France]. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02406707>
- Baron, G.-L. et Bruillard, E. (2007). ICT, educational technology and educational instruments: Will what has worked work again elsewhere in the future? *Education and Information Technologies*, 12(2), 71-81. <https://doi.org/10.1007/s10639-007-9033-9>
- Biesta, G. J. J. (2010). Why 'What works' still won't work: From evidence-based education to value-based education. *Studies in Philosophy and Education*, 29(5), 491-503. <https://doi.org/10.1007/s11217-010-9191-x>
- Bonnat, C. (2017). *Étayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique* [thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01562709/>
- Chaptal, A. (2003). *L'efficacité des technologies éducatives dans l'enseignement scolaire : analyse critique des approches française et américaine*. L'Harmattan.
- Cisel, M., Barbier, C. et Baron, G.-L. (2019). *Rapport scientifique de synthèse de la recherche Cahier numérique de l'élève chercheur (CNEC)*. Université Paris-Descartes, laboratoire EDA. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02278348>
- Cook, T. D. (2002). Randomized experiments in education: Why are they so rare? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24(3), 175-199. <https://www.jstor.org/stable/3594164?seq=1>
- Girault, I. et d'Ham, C. (2014). Scaffolding a complex task of experimental design in chemistry with a computer environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-013-9481-5>
- Jamet, E. (2006). Une présentation des principales méthodes d'évaluation des EIAH en psychologie cognitive. *Sticef*, 13, 129-146.
- Joolingen, W. R. Van et Jong, T. D. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20(5-6), 389-404. <https://doi.org/10.1007/BF00116355>

Nogry, S., Jean-Daubias, S. et Ollagnier-Beldame, M. (2004). Évaluation des EIAH : une nécessaire diversité des méthodes. Dans F. Peccoud, C. Moreau et C. Frasson (dir.), *Actes du colloque Technologies de l'information et de la connaissance dans l'enseignement supérieur et l'industrie (TICE 2004)* (p.265-271). Université de Technologie Compiègne. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000729/document>

Onwuegbuzie, A. J. (2000). *Expanding the framework of internal and external validity in quantitative research*. ERIC. <http://eric.ed.gov/?id=ED448205>

Onwuegbuzie, A. J. et Johnson, R. B. (2006). The validity issues in mixed research. *ResearchGate*, 13(48), 48-63.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G. et Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337-386. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4

Saavedra, R. (2015). *Étayer le travail des élèves avec la plateforme LabBook pour donner davantage de sens aux activités expérimentales réalisées par des élèves de première S* [thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01280377>

Scardamalia, M. et Bereiter, C. (2003). Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work. *Encyclopedia of Distributed Learning*, 269-272.

Slavin, R. E. (2002). Evidence-based education policies: Transforming educational practice and research. *Educational Researcher*, 31(7), 15-21.

Slotta, J. D. et Linn, M. C. (2009). *WISE science: Web-based inquiry in the classroom*. Teachers College Press.

Tricot, A., Pléat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G. et Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. Dans C. Desmoulins, P. Marquet, D. Bouhineau (dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Actes de la conférence EIAH 2003* (p.391-402). INRP. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000154/document>

Wajeman, C., Girault, I., d'Ham, C. et Marzin-Janvier, P. (2015). Students' reflection on experimental design during an innovative teaching sequence with Labbook. Dans J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto et K. Hahl (dir.), *Science education research: Engaging learners for a sustainable future. Proceedings of the 11th European Science Education Research Association Conference (ESERA 2015)* (p. 12-24). University of Helsinki. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01278747>

Yerly, G. (2017). Évaluation des apprentissages en classe et évaluation à grande échelle : quels sont les effets des épreuves externes sur les pratiques évaluatives des enseignants ? *Mesure et évaluation en éducation*, 40(1), 33-60.



Représentations du numérique des étudiants de l'École Polytechnique

► **Amélie DUGUET, Abraham TAMAYO** (IRÉDU, Université de Bourgogne)

■ **RÉSUMÉ** • Au cours de ces dernières décennies, le numérique a fait petit à petit son entrée dans le champ de l'enseignement supérieur. Se pose de ce fait la question du rapport qu'entretiennent les étudiants au numérique. Si des travaux ont été menés en lien avec cette question sur les jeunes inscrits à l'université, aucun n'a en revanche été produit sur le cas des grandes écoles. Dans cet article, nous focalisons donc notre attention sur le cas des étudiants de l'École Polytechnique. Nous montrons qu'ils ont une représentation positive des services numériques proposés par l'école, considérant même qu'il peut s'agir d'un vecteur d'innovation pédagogique.

■ **MOTS-CLÉS** • École Polytechnique, technologies numériques, étudiants, représentations.

■ **ABSTRACT** • *Over the last few decades, digital has gradually entered the field of higher education. This raises the question of the relationship between students and digital. Although some work has been done on this question on young people enrolled at the university, none has been produced on the other hand on the case of the Grandes Écoles. In this article, we focus our attention on the case of the students of the "École Polytechnique". We show that they have a positive representation of digital technology, even considering that it may be a vector of educational innovation.*

■ **KEYWORDS** • *Polytechnic School, digital technologies, students, representations.*

1. Introduction

Au cours de ces dernières décennies, le numérique a fait petit à petit son entrée dans le champ de l'éducation, et par là même de l'enseignement supérieur, particulièrement depuis la fin des années 1990 avec l'essor du E-learning, désignant « l'ensemble des solutions et moyens permettant l'apprentissage par des moyens électroniques » (Djebara et Dubrac, 2015). Face à cet engouement pour les technologies, la communauté scientifique s'est emparée depuis plusieurs années de la question du numérique. Il faut dire que l'introduction du numérique dans l'enseignement supérieur s'articule autour de plusieurs enjeux : le premier repose sur la nécessité de rendre ce système compétitif sur le plan international, tandis qu'un deuxième enjeu tient aux effets du numérique sur les acquisitions des étudiants; en effet, même si l'équipement ne cesse d'augmenter, l'efficacité des dispositifs n'est pas encore totalement démontrée (Ben Youssef et Hadhri, 2009). La question des représentations des étudiants par rapport au numérique reste par ailleurs globalement en suspens. Certes, quelques travaux ont été produits en rapport avec cette question, à l'image de la recherche de Raby, Karsenti, Meunier et Villeneuve (2011). Ces auteurs ont mené une enquête par questionnaires et des entretiens de groupe auprès d'un échantillon de 10 266 étudiants de deux établissements universitaires du Québec, en vue d'identifier la perception qu'ont les étudiants des pratiques pédagogiques faisant appel aux technologies de l'information et de la communication (TIC). Or, il apparaît que ces derniers apprécient plusieurs usages pédagogiques des technologies, car celles-ci favoriseraient leur accès à l'information en lien avec le cours et leur permettraient de mieux communiquer avec leurs enseignants et leurs collègues. Les étudiants considèrent également que la mise en ligne de notes de cours, de sites web complémentaires et d'examens antérieurs s'avère favorable pour leurs apprentissages. En revanche, les logiciels de présentation mal exploités, la mise en ligne de sites Web peu pertinents et la participation obligatoire à des forums de discussion seraient moins favorables. En France, des travaux récents (Michaut et Roche, 2017) ont interrogé la question des usages du numérique par les étudiants universitaires, sans pour autant que la question de leurs représentations ne soit réellement abordée. De tels types de travaux concernent en outre les étudiants inscrits à l'université, aucune recherche empirique n'ayant jusqu'alors été menée, à notre connaissance, sur la place tenue par le numérique dans la scolarité des étudiants des « Grandes Écoles ». Prenant

l'exemple de l'École Polytechnique, cet article a donc pour objectif d'analyser les représentations qu'ont les étudiants de cette école des TIC mises à leur disposition. Après avoir motivé le choix de notre terrain d'enquête, nous exposons notre question de recherche et notre hypothèse de travail. Puis nous faisons mention d'éléments d'ordre méthodologique et relatons les résultats de la présente recherche, avant de discuter ces derniers et de conclure en évoquant les limites de cette recherche et en proposant de nouvelles pistes d'investigation.

2. Le choix de l'École Polytechnique comme terrain d'enquête

Les formations d'ingénieurs attirent un nombre croissant d'étudiants, les effectifs ayant été multipliés par 2,5 en 25 ans (Lièvre, 2017). En 2016-2017, sur un total de 2 680 400 étudiants inscrits dans l'enseignement supérieur, 158 800 ont suivi une formation d'ingénieur (DEPP, 2018). Les travaux liés à aux écoles d'ingénieurs portent le plus souvent sur les inégalités rencontrées en termes de catégorie sociale (Euriat et Thélot, 1995 ; Albouy et Wanecq, 2003) ou de genre, les femmes étant largement sous-représentées dans la majorité de ces formations (DEPP, 2018). Dans ce contexte, une école a particulièrement retenu notre attention : l'École Polytechnique, surnommée sous forme abrégée « l'X ».

Cette école d'ingénieurs, dont la création remonte à 1794, propose depuis 2018 sept cycles de formation allant du *bachelor* au doctorat, offrant aux étudiants une culture scientifique et technique pluridisciplinaire. Le cycle traditionnel « Ingénieur polytechnicien », avec admission sur concours, s'effectue sans frais de scolarité pour les élèves français qui s'engagent pour dix années au moins dans le service public et propose des enseignements en français. Les autres cycles (Master, Bachelor et Doctorat), où l'admission se fait sur dossier, ont été mis en place plus récemment, avec des frais de scolarité non négligeables et des enseignements en anglais, l'X ayant pour ambition de développer sa notoriété à l'international en accueillant dans ses effectifs près d'un tiers d'étudiants étrangers.

L'école a accueilli en 2017 plus de 3 000 étudiants en formation initiale, sous l'encadrement de près de 670 chercheurs et enseignants-chercheurs. Un temps rattachée à l'université Paris-Saclay, elle est depuis 2019 l'une des cinq écoles de l'IP-Paris (Institut Polytechnique de Paris), constitué en vue de répondre à un certain enjeu de compétitivité internationale, autant du point de vue de l'enseignement que de la recherche et de l'innovation.

Amélie DUGUET, Abraham TAMAYO

Bien que bénéficiant d'une large notoriété et étant reconnue comme le premier vivier de recrutement des élites économiques en France (François et Berkouk, 2018), cette école ne fait l'objet que de rares travaux de recherche, qui portent généralement sur sa composition sociale. Ainsi, François et Berkouk (2018) se sont penchés sur les concours d'accès aux grandes écoles. Ils montrent que le concours d'accès à l'École Polytechnique fonctionne comme « un dispositif de tri social, qui accroît les inégalités qui se sont constituées en amont ». Ils notent au passage qu'un peu plus de 80 % des admis dans cette école ont des parents cadres ou de profession intellectuelle supérieure, les enfants d'ouvriers représentant à peine plus de 1 % des admis sur concours. Le genre de l'individu constitue également un facteur discriminant pour accéder à l'École Polytechnique, cette dernière ayant ouvert son recrutement aux femmes en 1972. Ainsi, dans la filière mathématiques-physique, les femmes représentent en 2019 16,4 % des inscrits au concours, 13,2 % des admissibles et 19,1 % des entrants. En physique-chimie, 27,7 % des inscrits au concours sont des femmes, elles représentent 19,9 % des admissibles et 16,9 % des entrants (<https://gargantua.polytechnique.fr/siatel-web/app/explorer/fVajXBYYS>). Cette école comptait, sur l'ensemble des cycles, seulement 17 % de femmes parmi ses effectifs d'étudiants au milieu des années 2010 (Attali, 2015).

Malgré la renommée dont cette école bénéficie en France, nous n'avons pu faire état d'aucune recherche sur le rapport au numérique de ses étudiants. Un tel constat peut paraître surprenant, dans la mesure où l'X présente pourtant un modèle d'enseignement particulier, la formation conduisant à une grande diversité de débouchés (Attali, 2015). En outre, de même que les universités, l'École Polytechnique s'inscrit dans un environnement devenu de plus en plus concurrentiel, que cela soit en France ou dans le monde. Malgré sa place de « fleuron de l'enseignement supérieur et de la recherche en France » (Attali, 2015), elle apparaîtrait en 2019 à un rang situé dans l'intervalle 301-400^e dans le classement de Shanghai concernant les meilleures universités mondiales, largement devancée par l'École Polytechnique de Zurich (20^e rang) ou bien encore par l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (83^e rang). Le numérique constitue dans ce contexte un réel enjeu de compétitivité internationale. C'est d'ailleurs dans ce cadre que l'École Polytechnique a développé, notamment avec l'appui de sa cellule de E-learning, un certain nombre de matériels et de services numériques à disposition du public qu'elle accueille (cf. Tableau 1).

Tableau 1 • Présentation des services numériques de l'École Polytechnique proposés aux étudiants

Service numérique	Fonction
Connexion wifi	Se connecter à internet dans l'enceinte de l'école
Réseau Intranet Frankiz	Site d'informations créé par et pour les étudiants. Permet d'accéder à des informations sur le campus, les événements, les concerts...
Adresse mail institutionnelle	Échanger avec les différents acteurs de l'école (ou intervenants extérieurs)
Catalogue en ligne des bibliothèques	Effectuer des recherches en ligne sur les ressources dont disposent les bibliothèques
Drahi X-Novation Center (Fab'lab)	Lieu d'incubation de start-up qui dispose d'un Fab'Lab dans lequel les étudiants peuvent prototyper les projets (impression 3D, création de maquettes, robotique...)
Services audiovisuels	Studio d'enregistrement et équipe de cadres-monteurs pouvant être sollicités par les étudiants pour créer des capsules vidéo (pour des soutenances, pour donner de la visibilité à leurs projets et initiatives...)
Application X Campus	Informations sur le repérage sur le campus, sur les bus et RER en temps réel, les menus de la restauration collective...
Plateforme Moodle	Plateforme d'enseignement. Chaque cours dispose d'un espace Moodle que l'enseignant utilise, peu ou pas, pour mettre à disposition des ressources, proposer des activités collaboratives, des évaluations...
Plateforme de captation d'amphis	Utilise la technologie Ubcast. Chaque cours en amphi est enregistré et stocké sur cette plateforme par niveau et par matière. L'enseignant choisit sa publication et peut l'utiliser dans son enseignement
ENEX	Remplacé par Synapse depuis septembre 2018, plateforme administrative et catalogue des cours, consulté pour les plannings et notes

Cela a conduit à s'interroger quant aux représentations des étudiants à l'égard de ces services. À cette question s'entremêle celle de leurs besoins concernant les services numériques dont ils souhaiteraient pouvoir bénéficier.

3. Cadre conceptuel et question de recherche

Si la définition première du numérique, selon le dictionnaire Larousse, réfère à des « systèmes, dispositifs ou procédés employant ce mode de représentation discrète², par opposition à analogique », ce concept très fréquemment mobilisé, notamment dans le champ des sciences de l'éducation, désigne par extension une catégorie large recouvrant « à la fois des supports (informatisés) et les pratiques qui les produisent, leur permettent de se développer, d'y accéder ou de les échanger » (Simonnot, 2013). Le numérique tel qu'il est abordé dans la littérature scientifique peut donc désigner à la fois des supports, mais aussi des pratiques.

Nous questionnons ici les représentations du numérique des étudiants de l'École Polytechnique. L'idée n'est en rien de réduire la question à une vision binaire des choses qui consisterait à examiner si les étudiants sont pour ou contre le numérique, mais plutôt de s'intéresser, dans une vision plus élargie, au « comment » ils se représentent le numérique : que pensent-ils des services numériques proposés par l'École Polytechnique ? Le numérique est-il perçu par ces étudiants comme un facteur d'innovation pédagogique ? Quelles sont leurs attentes en matière de numérique ?

Nous formulons pour hypothèse que la représentation qu'ont les étudiants des services numériques proposés et leurs attentes en la matière sont susceptibles de varier en fonction de leur cycle d'inscription à l'École Polytechnique, selon qu'ils sont en cycle Ingénieur (de la 1^{re} à la 4^e année), où leur recrutement a été effectué sur concours, ou bien dans un des autres cycles (Master, Bachelor ou Doctorat), après un recrutement sur dossier.

Outre le terme « numérique » qui a été préalablement défini, précisons qu'à l'image de nombre de chercheurs ayant travaillé sur la question du numérique et des technologies, nous faisons le choix d'utiliser l'acronyme TIC, au sens où celui-ci a été défini par Baron et Bruillard (2008), à savoir comme recouvrant deux champs sémantiques : celui des objets techniques, d'une part, et celui du type d'activité dans lequel ces objets sont utilisés, d'autre part (Baron et Bruillard, 2008).

2 « Représentation d'informations ou de grandeurs physiques au moyen de caractères, tels que des chiffres, ou au moyen de signaux à valeurs discrètes » (Dictionnaire Larousse, 2019).

4. L'enquête par questionnaires et l'analyse des données

Ce travail s'articule autour d'une démarche empirique inédite initiée par la cellule E-learning de l'École Polytechnique. Les missions de cette cellule touchent autant à la production de ressources pédagogiques (à forte dominante MOOC/SPOC³) qu'à l'accompagnement des enseignants dans la conception et la mise en œuvre d'un projet/démarche pédagogique, à la tenue d'une veille technologique et pédagogique, ou encore à la sensibilisation et la formation des enseignants aux outils pédagogiques déployés à l'X. Dans la perspective de perfectionner les services qu'elle propose et d'identifier de nouveaux besoins, les membres de cette cellule ont souhaité interroger les étudiants sur leur rapport au numérique.

La réflexion engagée a abouti à la construction d'un questionnaire, destiné à réaliser un état des lieux des équipements personnels et des habitudes numériques de travail des étudiants⁴. Le questionnaire à destination des étudiants de l'École Polytechnique, tous niveaux d'enseignement confondus, comportait de fait des items portant sur leurs caractéristiques sociodémographiques, leur profil numérique, leur avis concernant le numérique existant au sein de l'établissement, les MOOC, leurs habitudes de travail ainsi que leurs souhaits pour l'avenir en matière de numérique (cf. annexe 1).

Précisons que les questions relatives aux services numériques accessibles au sein de l'établissement portaient sur leur fréquence d'utilisation par les étudiants ainsi que sur la satisfaction de ces derniers à cet égard, et non sur leurs usages réels.

La population visée était composée de 3000 étudiants. Le questionnaire a été mis en ligne (en langue française uniquement) *via* l'outil Lime Survey entre novembre 2017 et janvier 2018. Un premier mail, suivi de deux relances, a été envoyé aux étudiants. Parallèlement à ce dispositif, une campagne d'affichage a été menée et les services d'appui à la scolarité ont été sollicités afin d'informer la population de l'enquête et d'en optimiser le taux de réponse.

3 MOOC signifie *massive open online courses* et SPOC, *small private online course*.

4 Le questionnaire est en grande partie adapté de celui produit à l'université Jean Moulin de Lyon (Lyon 3) par Yves Condemine, vice-président Stratégie numérique, et Magali Ruillat, chef de projets Services numériques.

L'échantillon est en définitive composé de 1052 étudiants ayant complété le questionnaire en ligne, parmi lesquels 618 ont répondu aux items relatifs à leurs caractéristiques personnelles. Ceux-ci ont en moyenne entre 21 et 22 ans. Près de 23 % sont étrangers. À l'image des proportions évoquées par le rapport Attali (2015), l'échantillon est composé à plus de 80 % d'hommes. Près de 85 % des étudiants déclarent n'avoir aucune activité salariée, un tel constat pouvant certainement s'expliquer par la composition sociale *a priori* favorisée du public accueilli à l'X, ou par le fait que les élèves français recrutés par concours perçoivent une solde liée à leur statut militaire et à leur engagement pour dix ans au service de l'État, mais aussi par le volume et la nature des enseignements qui laissent peu de place à l'exercice d'un autre type d'activité. Les étudiants ont en outre été un peu plus nombreux à indiquer quel était leur cycle d'inscription actuel : ils sont majoritairement inscrits en cycle Ingénieur et cela de manière exclusive (71,3 %).

Nous analysons les données de façon descriptive et lorsque les effectifs de répondants nous le permettent, nous réalisons des tests statistiques, tels que le test du Khi2, permettant de tester l'hypothèse nulle d'absence de relation entre deux variables catégorielles, ou bien autrement dit de vérifier l'indépendance de deux variables. D'autre part, nous mobilisons des modèles de régression logistique, présentant l'intérêt de pouvoir examiner le poids exercé par une (ou des) variable(s) indépendante(s), ou autrement dit explicative(s), sur une variable dépendante (à expliquer), cela en raisonnant « toutes choses égales par ailleurs », c'est-à-dire à caractéristiques comparables. Précisons que la modélisation consiste à représenter sous forme d'une équation mathématique les liens entretenus entre plusieurs variables (Bressoux, 2010).

Ce type de modèle fournit plusieurs informations à interpréter. Lorsque la variable dépendante est qualitative, on recourt à la régression logistique. Si la variable dépendante est dichotomique, on parle de régression logistique binaire. En revanche, si la variable à expliquer comporte plusieurs modalités, on parle alors de régression logistique multinomiale. Dans les deux cas, il s'agit de « prédire la probabilité » qu'a un individu d'être « classé dans l'une ou l'autre des catégories de la variable-réponse » (Bressoux, 2010). L'interprétation des quotients de probabilité (*odds ratio*) se fait en termes de rapport de chances. On s'intéresse donc à la probabilité qu'a une variable explicative d'exercer un rôle plus ou moins important sur la variable dépendante. Chaque coefficient est à interpréter au regard de sa significativité, estimée par le test du *t de Student* dont le résultat se lit

comme suit : $p < 0,01$ « significatif au seuil de 1 % », $p < 0,05$ « significatif au seuil de 5 % », $p < 0,1$ « significatif au seuil de 10 % », *ns* pour « non significatif ». Le coefficient de détermination du modèle renseigne sur l'ajustement du modèle.

5. Représentations du numérique des étudiants

Nous exposons dans cette partie les représentations du numérique des étudiants en nous intéressant d'abord à leur niveau d'adoption du numérique, puis à la capacité qu'a selon eux le numérique à constituer un facteur d'innovation pédagogique. Vient ensuite la question de leurs représentations des services numériques proposés par l'École Polytechnique et enfin celle de leurs attentes à cet égard.

5.1. Processus d'adoption du numérique

Afin d'appréhender les représentations que se font les étudiants du numérique, nous leur avons d'abord demandé de se situer par rapport à la classification de Rogers (1962), relative au processus d'adoption d'une innovation par une communauté. La question était formulée comme suit : « *Everett Rogers, sociologue et statisticien américain, a établi une classification du processus d'adoption d'une innovation par une communauté. Dans quelle catégorie vous situeriez-vous sur cette classification adaptée par rapport au numérique en général ?* ». Même si ce modèle a depuis fait l'objet de vives critiques, il permet d'obtenir un premier indice synthétique du rapport qu'entretiennent les étudiants de l'échantillon au numérique (cf. figure 1).

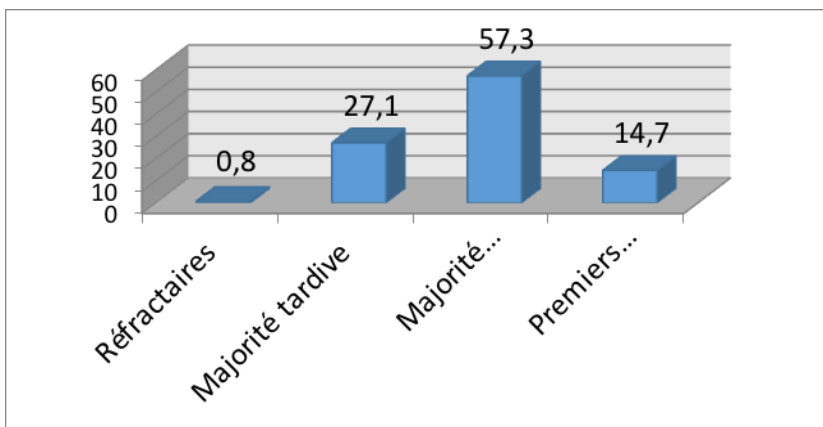


Figure 1 • Répartition des étudiants de l'échantillon (N = 847) en fonction de leur rapport au numérique (en %)

Peu d'étudiants disent se situer parmi les premiers utilisateurs. Plus de la moitié attend les premiers retours d'expérience de la technologie (majorité précoce) et un peu plus d'un quart adopte la technologie uniquement une fois que celle-ci est ancrée (majorité tardive). Seuls 0,8 %, soit 7 individus, se disent réfractaires à la technologie. Notons d'ailleurs que des tests du Khi 2 montrent que la façon dont les étudiants se situent par rapport à cette classification est significativement liée (seuil de 5 %) au genre de l'individu. La réalisation d'un modèle de régression logistique multinomiale vient confirmer ce constat (cf. annexe 2) : les hommes ont significativement (seuil de 1 %) plus de chances que les femmes de se situer dans la catégorie des premiers utilisateurs plutôt que dans celle de la majorité tardive. En d'autres termes, le fait d'être un homme plutôt qu'une femme conduirait davantage à faire partie des premiers à adopter une technologie plutôt que de ceux attendant que celle-ci soit ancrée. De même, la construction d'un second modèle de régression (cf. annexe 3) montre que le cycle au sein duquel sont inscrits les étudiants a un effet sur leur vision du numérique : les étudiants inscrits en cycle Ingénieur (1^{er} à 4^{ème} année) ont significativement une meilleure probabilité que les autres (Bachelor, Master et Doctorat) (seuil de 1 %) de se situer dans la catégorie de la majorité tardive ou dans celle de la majorité précoce plutôt que dans celle des premiers utilisateurs. Ces résultats sont toutefois à considérer avec précaution puisque nous ne pouvons être assurés de la représentativité de notre échantillon.

5.2. Le numérique comme facteur d'innovation pédagogique

Outre la façon dont ils se situent dans leur manière d'adopter le numérique, il nous a semblé pertinent d'interroger les représentations des étudiants concernant la capacité du numérique à constituer un facteur d'innovation pédagogique. L'innovation est, selon Berthiaume (2011), le fait d'individus dont la réflexion pédagogique diffère de celle de la majorité de leurs collègues, autrement dit s'éloigne de la norme, visant l'amélioration de l'expérience d'apprentissage des étudiants. L'innovation peut de ce fait tout autant passer par les méthodes d'enseignement et d'apprentissage, que par les moyens utilisés, l'organisation curriculaire ou encore la finalité des études (Berthiaume, 2011). En d'autres termes, l'innovation représente un changement introduit par l'enseignant en vue d'améliorer l'apprentissage, la réussite et la satisfaction perçue des étudiants (Parent, 2017). En effet, des travaux montrent que l'aspect novateur du numérique aurait des effets positifs sur les acquisitions des

étudiants, particulièrement sur leur motivation et leur attention (Poyet, 2009). Il paraît donc important d'étudier dans quelle mesure le numérique peut apparaître comme innovant aux yeux des étudiants et par là même influencer sur leur motivation, voire même sur leurs apprentissages.

Nous avons d'abord interrogé les étudiants afin de savoir s'ils pensaient que les nouvelles technologies pouvaient avoir un impact sur les méthodes pédagogiques des enseignants. Parmi les 768 répondants à la question, 75 % considèrent que c'est effectivement le cas, sans que nous ne sachions pour autant s'ils envisagent cet impact comme étant positif ou négatif. Nous leur avons ensuite demandé s'ils avaient déjà suivi un cours qu'ils considèrent comme innovant en termes de pédagogie (cf. Tableau 2).

Tableau 2 • Répartition des étudiants de l'échantillon (N = 768) en fonction de leur cycle d'inscription et de leur suivi d'un cours innovant (en %)

	Oui	Non
Cycle ingénieur (1 ^{re} à 4 ^e année)	21,3	78,7
Autres (Bachelor, Master et Doctorat)	11,8	88,2

Les étudiants du cycle Ingénieur sont significativement plus nombreux (test du Khi2, seuil de 1 %), à indiquer avoir suivi un cours innovant.

Parmi l'ensemble des répondants à cette question, 111 ont précisé en quoi ce cours était innovant. 61 individus (55 %) évoquent alors clairement un élément en lien avec le numérique. Plus précisément, 31 étudiants ont apprécié l'utilisation d'un boîtier de vote, rendant à leurs yeux le cours plus interactif. De plus, parmi les 50 individus n'ayant pas explicitement mentionné le numérique comme facteur d'innovation, 14 ont toutefois indiqué avoir apprécié les quizz interactifs proposés en amphithéâtre. On peut alors supposer que certains ont également bénéficié de boîtiers de vote. Le suivi d'un MOOC comme facteur innovant a été cité par 7 étudiants, les autres faisant référence à divers outils ou ressources numériques (utilisation d'Excel, d'un diaporama, film vidéo des cours en amphithéâtre, accès au matériel du Fab'lab, création d'un groupe facebook...).

Même s'il existe désormais un large consensus dans la littérature scientifique autour de l'idée selon laquelle l'innovation technologique ne génère pas automatiquement l'innovation pédagogique (Tricot, 2017), le numérique contribue en définitive de façon non négligeable, selon les étudiants, à engendrer l'innovation pédagogique lors d'un cours. Il serait alors intéressant d'examiner plus en avant dans quelle mesure cette innovation peut influencer sur leur motivation, et par ce biais sur leurs performances aux examens.

5.3. Représentation des services numériques de l'École Polytechnique

Nous avons ensuite cherché à savoir dans quelle mesure les étudiants mobilisaient les services numériques proposés par l'X (cf. figure 2).

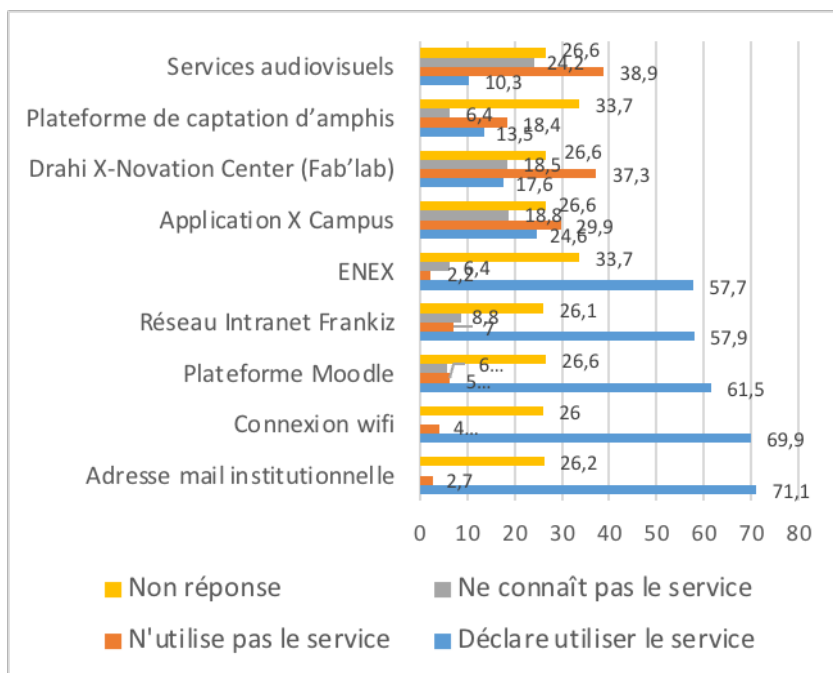


Figure 2 • Répartition des étudiants de l'échantillon (N = 1052) en fonction de leur utilisation et de leur connaissance des services numériques de l'X (en %)

L'adresse mail institutionnelle, la connexion Wifi, la plateforme Moodle et le réseau intranet Frankiz constituent les services les plus

mobilisés par les étudiants (nous n'évoquerons pas ici le cas d'Enex qui a depuis été remplacé par Synapse). Nous ne nous attarderons pas sur l'utilisation différenciée de ces services en fonction des caractéristiques des étudiants, car ce n'est pas le propos dans ce travail. Il nous paraît en revanche intéressant de constater que certains services sont très peu connus des étudiants, une telle situation pouvant probablement être mise en lien avec la faible utilisation de ces services par les enseignants. Une nuance doit toutefois être apportée ici : au moins un quart des étudiants n'a pas renseigné son utilisation des services numériques mentionnés. Reste à savoir si cela provient d'un désintérêt pour le questionnaire, ou bien peut-être considéré comme étant le reflet d'une absence d'utilisation des services numériques et plus largement des outils numériques pouvant être mobilisés pour étudier.

Nous avons ensuite centré notre attention sur les quatre services les plus mobilisés par les étudiants afin d'examiner quelle représentation les étudiants en ont. Ainsi, l'adresse mail institutionnelle est jugée comme utile par 33,6 % des individus, voire même comme indispensable (65,2 %). Seuls 1,2 % considèrent inutile l'existence de ce type de service. La connexion Wifi paraît satisfaisante pour les trois quarts des étudiants. Par ailleurs, un peu plus de la moitié émet le souhait de bénéficier de plus de supports de cours ou d'activités sur Moodle, et seuls 8 % des étudiants se déclarent insatisfaits de cette plateforme. La construction de tableaux croisés et la réalisation de tests du Khi2 montrent que, de façon générale, les étudiants inscrits en cycle Ingénieur sont significativement plus nombreux à être satisfaits de la connexion Wifi (seuil de 1 %) et du réseau intranet Frankiz (cf. Tableau 3).

Tableau 3 • Répartition des étudiants de l'échantillon en fonction de leur cycle d'inscription et de leur satisfaction à l'égard des services numériques de l'École Polytechnique (en %)

	Connexion Wifi (N = 733)	Plateforme Moodle (N = 647)	Réseau Intra- net Frankiz (N = 609)
Cycle Ingénieur (1 ^{re} à 4 ^e année)	80,2	91,6	82
Autres (Bachelor, Master et Docto- rat)	55,9	93,8	68,8

De tels résultats sont sans nul doute à mettre en lien avec la vraisemblable absence d'utilisation de la plateforme Moodle par une partie des étudiants dont le niveau est supérieur à Bac+5, de par leur statut de doctorants. Par ailleurs, il serait intéressant d'étudier les motifs qui conduisent les étudiants à être plus ou moins satisfaits à l'égard de ces services et quelles représentations ils se font de leurs usages, notamment en fonction de leur année d'étude, nos données étant trop restrictives pour aborder ces dimensions.

5.4. Attentes des étudiants en matière de numérique

Pour terminer, nous avons interrogé les étudiants sur leur degré d'attente concernant un certain nombre de services numériques qu'il serait selon eux utile de développer. À cet égard, nous leur avons proposé une série d'items et demandé d'indiquer pour chacun d'entre eux s'il leur semblait utile ou non de développer de tels services (cf. figure 3).

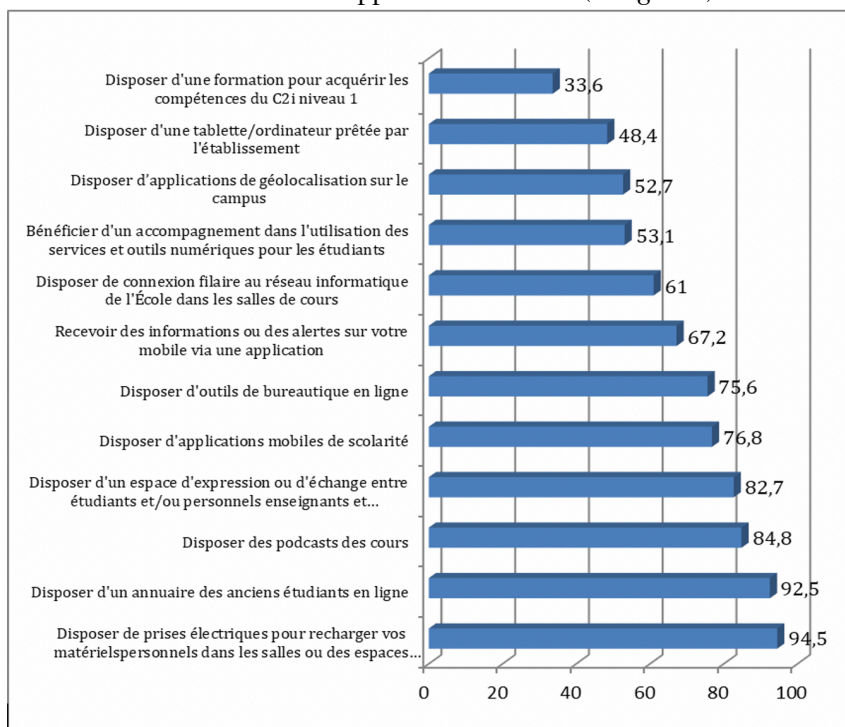


Figure 3 • Répartition des étudiants de l'échantillon (N = 415) selon leur degré d'attente concernant les services numériques à développer au sein de l'École Polytechnique (en %)

Si l'on raisonne sur la totalité des individus de l'échantillon, on constate que le fait de disposer de davantage de prises électriques est le besoin technique le plus sollicité par les étudiants. Il est à dire que la configuration des salles de cours est considérée comme incompatible avec l'utilisation des TIC par plus de 77 % des étudiants de l'échantillon. En ce sens, 72 % indiquent manquer de prises, 72 % manquer de place et 20 % mentionnent que leur propre matériel n'est pas adapté à cette utilisation. Il semble donc qu'au-delà des services numériques en eux-mêmes, ce soit davantage la qualité des infrastructures en tant que telles qui soit mise en cause et qui pourrait être à l'origine d'un désaveu de certains étudiants pour les services numériques de l'école.

La mise à disposition d'un annuaire des anciens étudiants, des podcasts des cours ainsi que d'un espace d'échanges entre les différents acteurs de l'école constitue également des services considérés comme utiles par les étudiants. À l'inverse, l'idée de former les étudiants pour acquérir les compétences du C2I niveau 1 ou de mettre à leur disposition une tablette ou un ordinateur prêté par l'établissement paraît peu nécessaire. Il est à dire que ces étudiants, issus de la génération Z, sont généralement personnellement déjà bien équipés en matériel numérique d'un point de vue personnel. Cette génération, qualifiée de « digital natives » (Prensky, 2001), a également une forte tendance à surévaluer ses compétences numériques (Dauphin, 2012), d'où le fait qu'une formation au C2I leur paraisse peu utile. Notons toutefois que les femmes sont significativement plus nombreuses que les hommes (test du Khi2, seuil de 1 %) à juger utile, voire très utile de disposer d'un accompagnement dans l'utilisation des TIC proposées par l'école (40 % contre 25 %), ou bien d'une formation aux compétences du C2I (20 % contre 12 %). Par ailleurs, lorsque ces données sont étudiées en fonction du cycle d'inscription, on remarque là encore qu'il existe des différences significatives (test du khi2, seuil de 1 %) entre les étudiants du cycle Ingénieur et les autres (cf. Tableau 4).

Si les étudiants du cycle Ingénieur jugent bien souvent moins utile le fait de disposer de services tels qu'une formation aux compétences du C2I, de tablettes ou ordinateurs prêtés par l'établissement ou bien encore d'un accompagnement dans l'utilisation des TIC, ils sont en revanche significativement plus nombreux à évoquer la nécessité de disposer d'un annuaire des anciens étudiants.

Tableau 4 • Répartition des étudiants de l'échantillon selon leur cycle d'inscription et leurs besoins en termes de TIC (N = 637, en %)

	Cycle Ingénieur (1 ^{re} à 4 ^e année)	Autres (Bachelor, Master et Doctorat)
Recevoir des informations ou des alertes sur le téléphone mobile	42,7	58,1
Disposer de tablettes ou ordinateurs prêtés par l'établissement	20,6	41,8
Disposer d'un annuaire des anciens étudiants en ligne	81,5	66
Disposer d'une application de géolocalisation sur le campus	26,3	43,2
Bénéficier d'une formation aux compétences du C2I	9,5	29,1
Disposer d'un accompagnement dans l'utilisation des TIC proposées par l'école	22,5	49,6
Disposer d'une connexion filaire au réseau informatique de l'école en salle de cours	32,8	48,6

6. Conclusion et perspectives

L'objectif de cette recherche était d'étudier les représentations du numérique des étudiants dans un contexte particulier jusqu'alors peu exploré en France, celui de l'École Polytechnique. Ainsi, une large part d'étudiants considère que le numérique peut constituer un facteur d'innovation pédagogique, rejoignant ainsi les conclusions de Brooks (2016, cité par Parent, 2017), selon lequel les étudiants appréhenderaient la technologie dans un contexte pédagogique comme une manière moins traditionnelle d'aborder la matière. De plus, loin de se montrer réfractaires au numérique, les étudiants interrogés se montrent dans l'ensemble plutôt satisfaits des quatre services numériques qu'ils mobilisent le plus souvent et paraissent en cela avoir une représentation positive du numérique. Notre hypothèse d'une différence dans les représentations et les attentes des étudiants à l'égard du numérique selon le cycle d'inscription de ces derniers est par ailleurs confirmée.

Certes, ces résultats restent à considérer avec précaution en raison du manque de représentativité de l'échantillon par rapport à la population visée. Par ailleurs, notre catégorisation des étudiants en deux groupes (cycle Ingénieur vs autres cycles) demande à être approfondie. Il serait en effet sans doute probant, en collectant des données sur davantage d'individus,

d'analyser plus finement les différences existant dans les représentations des étudiants en fonction de leur niveau d'inscription. On peut par exemple imaginer que ceux de première année du cycle Ingénieur n'auront ni les mêmes besoins, ni les mêmes usages en matière de TIC que leurs collègues qui seraient déjà plus avancés dans le cursus. De plus, il serait intéressant d'étudier les facteurs se situant à l'origine des représentations différentes des TIC des étudiants en fonction de leur cycle d'inscription, à savoir Bachelor, Master, cycle Ingénieur ou Doctorat. On pourrait en outre chercher à prendre en compte d'autres variables dans l'explication des différences de représentation des TIC par les étudiants, tenant à la fois à leur caractéristiques personnelles et scolaires. Plus précisément, il serait intéressant de mettre en rapport ces représentations avec ce qu'on pourrait nommer le « profil numérique » des étudiants, à savoir leurs équipements, leurs usages des outils ou encore leur formation en la matière.

Cette recherche ouvre néanmoins un réel débat autour de la capacité du numérique à constituer à lui seul un réel vecteur d'innovation. Il serait en ce sens intéressant d'examiner si le côté novateur perçu par les étudiants vient réellement des TIC en tant que telles ou bien de l'usage pédagogique qu'en font les enseignants. La réalisation d'entretiens auprès d'un échantillon représentatif de ces étudiants pourrait à ce titre apporter des compléments intéressants dans la compréhension de leurs représentations du numérique. Une autre limite de cette recherche tient au fait que nous n'avons pu obtenir qu'une mesure des représentations des étudiants à un instant « t », ou autrement dit un instantané de ces représentations. Il serait préférable de pouvoir effectuer un suivi longitudinal des étudiants afin d'identifier comment leurs représentations évoluent au fur et à mesure de leur avancée dans leur cursus.

De façon plus générale, le développement de recherches empiriques axées sur le cas spécifique des grandes écoles et en particulier de l'École Polytechnique, concernant les apports du numérique sur les questions d'enseignement et d'apprentissage nous semble constituer aujourd'hui une réelle nécessité, afin d'identifier en quoi le numérique peut conduire les enseignants à mettre en œuvre des pratiques innovantes, quels peuvent en être les effets sur les acquisitions des étudiants et quelles sont les transformations à envisager concernant l'offre numérique que proposent déjà ces écoles au public qu'elles accueillent. On peut en outre s'interroger sur les différences effectives en la matière entre les grandes écoles telles que l'École Polytechnique et les universités.

RÉFÉRENCES

Albouy, V. et Wanecq, T. (2003). Les inégalités sociales d'accès aux grandes écoles. *Économie et statistique*, 361, 27-52. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1375870/es361b.pdf>

Attali, B. (2015). *L'X dans une nouvelle dimension. Rapport au Premier ministre*. <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/154000377.pdf>

Ben Youssef, A. et Hadhri, W. (2009). Les dynamiques d'usage des technologies de l'information et de la communication par les enseignants universitaires : Le cas de la France. *Réseaux*, 3(155), 23-54. <https://doi.org/10.3917/res.155.0023>

Berthiaume, D. (2011). Innovation et pédagogie universitaire. Dans L. Massou et M.J. Barbot (dir.), *TICE et métiers de l'enseignement supérieur: Émergences, transformations* (p. 53-66). Presses universitaires de Nancy.

Bressoux, P. (2010). *Modélisation statistique appliquée aux sciences sociales* (2^e éd.). De Boeck.

Dauphin, F. (2012). Culture et pratiques numériques juvéniles : quels usages pour quelles compétences ? [numéro thématique]. *Questions Vives*, 7(17). <https://questionsvives.revues.org/988>

Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP). (2018). *Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche* (n° 35). Ministère de l'Éducation nationale, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. France. https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/RERS_2018/83/2/depp-2018-RERS-web_986832.pdf

Djebara, A et Dubrac, D (2015). *La pédagogie numérique: un défi pour l'enseignement supérieur. Avis du Conseil économique, social et environnemental (CESE)*. Journaux officiels. <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/154000158.pdf>

Euriat, M. et Thélot, C. (1995). Le recrutement social de l'élite scolaire en France. Évolution des inégalités de 1950 à 1990. *Revue française de sociologie*, 36(3), 403-438. <https://doi.org/10.2307/3322163>

François, P. et Berkouk, N. (2018). Les concours sont-ils neutres ? *Sociologie*, 9(2), 169-196. <http://journals.openedition.org/sociologie/3835>

Lièvre, A. (2017). Les effectifs d'étudiants dans le supérieur en 2016-2017 en forte progression. *Note d'information*, 12. <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid124746/les-effectifs-d-etudiants-dans-le-superieur-en-2016-2017-en-forte-progression.html>

Michaut, C. et Roche, M. (2017). L'influence des usages numériques des étudiants sur la réussite universitaire. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 33(1). <http://ripes.revues.org/1171>

Parent, S. (2017). Perception des étudiants et des enseignants quant à l'aspect novateur du numérique dans un cours d'introduction au collégial. *Revue canadienne des jeunes chercheurs et chercheurs en éducation*, 8(2). <https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/cjnse/article/view/42917/pdf>

Poyet, F. (2009). Impact des TIC dans l'enseignement : une alternative pour l'individualisation ? [numéro thématique]. *Dossier d'actualité de la VST*, 41. <http://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/41-janvier-2009.pdf>

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.

Raby, C., Karsenti, T., Meunier, H. et Villeneuve S. (2011). Usage des TIC en pédagogie universitaire: point de vue des étudiants. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 3, 6-19.
http://www.ritpu.org:81/img/pdf/RITPU_v08_n03_6.pdf

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovation*. The Free Press.

Simonnot, B. (2013). Appréhender l'innovation par l'usage des TIC dans l'enseignement supérieur : questions conceptuelles et méthodologiques. *Distances et médiations des savoirs*, 4. <https://doi.org/10.4000/dms.430>

Tricot, A (2017). *L'innovation pédagogique. Mythes et réalités*. Retz.

ANNEXE 1 : THÈMES ABORDÉS DANS LE QUESTIONNAIRE ÉTUDIANTS

Introduction : Cycle d'étude Avis sur le positionnement de l'X par rapport au digital
Profil numérique : Possession et utilisation personnelle de matériel numérique, d'une connexion à internet, d'outils de stockage Positionnement par rapport au processus d'adoption du numérique Utilisation des réseaux sociaux
Avis sur l'existant au sein de l'établissement : Utilisation et perception du Wifi, de l'intranet, des réseaux sociaux, de l'adresse mail institutionnelle, de la bibliothèque de l'école, des services du Drahi-X-Innovation Center, des services audiovisuels de l'école, de l'application X-Campus, de la plateforme Moodle, de la plateforme de captation en amph Suivi et représentation d'un cours innovant Rôle pédagogique des enseignants, effets des technologies sur les méthodes pédagogiques Orientation par un enseignant sur des ressources externes au cours
MOOC : Inscription et domaine d'inscription, Connaissance des MOOC de l'école Plateforme de suivi des MOOC Apprentissage croisé MOOC et présentiel
Habitudes de travail : Utilisation d'ENEX Support de prise de notes Fréquence d'utilisation du matériel informatique en cours Avis sur les salles informatique Lieu de travail privilégié
Souhaits pour l'avenir : Degré d'attente par rapport aux services numériques de l'X Service numérique le plus utile Service numérique le moins utile
Profil : Âge Genre Nationalité Type de formation actuelle Activité salariée Mode de transport

**ANNEXE 2 : MODÈLE DE RÉGRESSION MULTINOMIALE –
EFFET DU GENRE DE L'ÉTUDIANT SUR LE PROCESSUS
D'ADOPTION D'UNE INNOVATION**

Pseudo R-deux

Cox et Snell	,017
Nagelkerke	,020
McFadden	,009

		B	Erreur std.	Wald	degrés de li- berté	Signif.)	Exp(B)	Intervalle de confiance 95 % pour Exp(B)	
								Borne infé- rieure	Borne su- périeure
Réfractaires	Constante	-2,303	1,049	4,820	1	,028			
	[Homme]	-,968	1,202	,648	1	,421	,380	,036	4,009
	[Femme]	0 ^b			0				
Majorité tar- dive	Constante	1,548	,348	19,748	1	,000			
	[Homme]	-1,065	,376	8,001	1	,005	,345	,165	,721
	[Femme]	0 ^b			0				
Majorité pré- coce	Constante	1,841	,340	29,236	1	,000			
	[Homme]	-,551	,363	2,296	1	,130	,577	,283	1,175
	[Femme]	0 ^b			0				

La modalité de référence est : Premiers utilisateurs-adopteurs précoces.

**ANNEXE 3 : MODÈLE DE RÉGRESSION MULTINOMIALE –
EFFET DU CYCLE D’INSCRIPTION DE L’ÉTUDIANT SUR LE
PROCESSUS D’ADOPTION D’UNE INNOVATION**

Pseudo R-deux

Cox et Snell	,014
Nagelkerke	,016
McFadden	,007

Estimations des paramètres

Catégorie Everett Rogers processus adoption innovation par communauté ^a		B	Erreur standard	Wald	ddl	Sig.	Exp(B)	Intervalle de confiance à 95 % pour Exp(B)	
								Borne inférieure	Borne supérieure
Réfractaires	Constante	-3,157	,722	19,120	1	,000			
	[cycle ingénieur]	,423	,857	,243	1	,622	1,526	,285	8,183
	[autre]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
Majorité tardive	Constante	,042	,204	,042	1	,838			
	[cycle ingénieur]	,807	,245	10,826	1	,001	2,242	1,386	3,627
	[autre]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
Majorité précoce	Constante	,903	,173	27,300	1	,000			
	[cycle ingénieur]	,661	,214	9,576	1	,002	1,936	1,274	2,943
	[autre]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.

a. La catégorie de référence est : Premiers utilisateurs-adopteurs précoces.



L'écriture inclusive ouvre des liens surprenants. Réflexions en didactique de l'informatique

► **Éric BRUILLARD** (Laboratoire EDA, Université de Paris)

■ **RÉSUMÉ** • Ce texte présente une réflexion didactique à partir des transformations effectuées automatiquement par des logiciels sur certaines formes d'écriture inclusive. Il explicite les connaissances informatiques nécessaires pour pouvoir comprendre ce qui se passe et présente quelques effets d'apprentissage liés au fonctionnement de certains logiciels de production. Il montre l'importance du détournement pour comprendre les fonctionnements non visibles et développer un esprit critique.

■ **MOTS-CLÉS** • Écriture inclusive, contenus informatiques, apprentissage de l'informatique, détournement.

■ **ABSTRACT** • *This text presents a didactic reflection based on the transformations carried out automatically by software on some forms of inclusive writing. It explains the informatics knowledge needed to understand what is happening and presents some learning effects linked to the operation of some production software. It shows the importance of hijacking in order to understand non-visible functions and develop critical thinking.*

■ **KEYWORDS** • *Inclusive writing, computer literacy, informatics learning, détournement.*

Remarque introductive : l'objectif de ce texte est d'essayer de montrer les contenus informatiques qui devraient être pris en compte si on souhaite que les utilisateurs puissent comprendre certains dysfonctionnements (ici une forme simplifiée d'écriture inclusive) liés à des traitements automatiques faits hors de leur contrôle et qu'ils peuvent avoir des difficultés à comprendre et à expliquer. Une tendance courante est souvent de prêter des intentions aux logiciels ou aux machines, alors que les traitements opérés répondent à des logiques d'une tout autre nature. En annexe, j'ai repris un ancien texte qui décrivait un problème analogue, celui d'un correcteur orthographique un peu vite qualifié de raciste.

1. Un étrange phénomène

J'ai constaté début septembre 2020, dans des courriels utilisant l'écriture inclusive destinés à des collègues de l'université, qu'apparaissaient des liens inattendus. Ils étaient portés par des expressions courantes, écrites sous forme inclusive. Je les reprends sans changement : « [Cher.es ami.es/ nous retrouver masqué.es/ pour certain.es/ d'entre vous » . En regardant les liens créés, on constatait une construction directe : insertion de « http:// » suivi de l'expression et ajout final d'un « / » .](#)

Les destinataires des messages, pas les auteurs puisque les transformations s'effectuent à leur insu, avaient vu apparaître ces liens, le plus souvent sans regarder vers quoi ils conduisaient. Or, « [cher.es](#) » conduit au site du même nom (qui est à vendre) affichant une page de vente de matelas, de parfums et un comparateur de prix. Moins direct, « [ami.es](#) » conduit au site « <https://www.boxen1.com/> », page en allemand autour de la boxe. À première vue, on peut être très surpris qu'un message à destination de collègues, pour une réunion censée être pacifique, puisse être transformé et conduire à un site présentant des combats de boxe.

À travers ce petit exemple émergent plusieurs questions, de natures diverses, posées par l'utilisation des technologies informatiques et ayant des implications pour leur enseignement et leur apprentissage : que faut-il savoir pour comprendre ce qui est derrière ce phénomène (qui est loin de se limiter à un apprentissage dit « du code ») et comment peut-on l'enseigner ?

2. Des liens automatiques créés par des applications « intuitives »

Sur un plan strictement informatique, on peut penser que le logiciel de courriel reconnaît ici un motif, ou pattern, du type « XXX.es », c'est-à-dire une suite de caractères se terminant par un point suivi de deux caractères, ce qui est appelé une *expression régulière*. Quand il reconnaît un tel motif, sous certaines conditions (ici, « .es » correspond à un nom de domaine Internet de premier niveau, celui de l'Espagne), il transforme la chaîne de caractères examinée pour qu'elle corresponde à une origine de lien hypertexte.

La question suivante est de savoir quels logiciels font de telles transformations automatiques. L'application de messagerie *Thunderbird* (<https://www.thunderbird.net/fr/>) ne le fait pas. Après quelques essais, on s'aperçoit que la messagerie par défaut des *Mac* fait ces transformations, de même que *Gmail*, la messagerie de *Google* (cf. figure 1).

Message saisi

*Cher.es tous et cher.es toutes
alors.fr comment cela va ?
Bonjour.es et al.es
À vous le bonjour.es et le salut.fr*

Message reçu

*Cher.es tous et [cher.es](#) toutes
[alors.fr](#) comment cela va ?
Bonjour.es et [al.es](#)
À vous le [bonjour.es](#) et le [salut.fr](#)*

Figure 1 • Transformations opérées par une messagerie Gmail (sur PC) : les liens créés sont en bleu et soulignés

La vérification des liens créés dans le message reçu confirme les transformations effectuées; selon les environnements utilisés, les expressions commençant par une majuscule sont – ou ne sont pas – transformées. Il est possible alors de faire des hypothèses et de lancer différentes expérimentations en testant des expressions pour vérifier si des modifications sont effectuées et, si oui, lesquelles.

Pourquoi le logiciel utilisé fait-il une telle transformation sans prévenir le rédacteur du courriel ?⁵

Pour répondre à cette question, on sort de la technique proprement dite pour prendre en compte les relations entre les concepteurs d'applications et

⁵ À vérifier, mais les logiciels libres éviteront de faire des traitements à l'insu des utilisateurs, ce qui peut être moins le cas pour les logiciels des GAFAM.

leurs utilisateurs. En effet, en voulant « faciliter » le travail des utilisateurs, dans certaines configurations, on aboutit à des effets non contrôlés et inattendus. Suite aux injonctions du marketing, beaucoup d'utilisateurs veulent des technologies qu'ils qualifient d'intuitives, c'est-à-dire répondant directement à leurs souhaits, sans mettre en œuvre de procédures jugées complexes. Cette prétendue « intuition » correspond à une stratégie de concepteurs de logiciels, qui depuis longtemps, ont abandonné une logique purement technique pour s'adapter aux pratiques développées par les utilisateurs. Ainsi, Microsoft utilise depuis longtemps des anthropologues afin d'étudier en contexte la manière avec laquelle les personnes utilisent les outils et instruments informatiques (Briard, 2004).

Dans leurs courriels, beaucoup d'utilisateurs écrivent des adresses de pages web et sont très satisfaits quand *la machine s'arrange pour que* ces adresses se transforment en liens activables. Ils n'ont pas besoin de sélectionner une chaîne de caractères, d'ouvrir le menu *Insertion*, de préciser la destination du lien, etc. L'interaction est « fluide » et en général efficace, sauf quand des événements inattendus se produisent.

3. Une mise au point « médian »

La méprise du logiciel vient en partie du fait qu'en français, après un point, on met une espace ou alors un autre signe typographique. Normalement, on ne trouve pas le motif « XXX. » suivi de deux lettres (ou plus). Concevoir des applications qui font automatiquement une transformation (création d'un lien) ne devrait pas poser problème, sauf en cas d'erreur typographique. L'écriture inclusive amène justement ce pattern non standard.

En fait, pas vraiment, puisque l'on est face à une seconde forme de « déviance ». En effet, le point préconisé pour l'écriture inclusive est le *point médian*, afin que le point du féminin ne soit pas « en bas ». Ce caractère n'est pas directement accessible au clavier et nécessite d'effectuer un copier-coller ou une combinaison de touches (Alt 0183 sous Windows⁶, voir à <http://www.ecriture-inclusive.ch/point-median-pour-ecrire-en-langage-inclusif/>) Quand on utilise ce point médian, en acceptant la complexification technique, l'expression n'est plus modifiée. On peut aussi

⁶ Attention, il faut disposer d'un pavé numérique séparé, sinon, avec un traitement de texte, il faut insérer le caractère.

séparer le « e » et le « s » par un point, comme dans l'expression « bienvenu.e.s », qui n'est pas non plus transformée.

Dans ces changements opérés par un logiciel, il faut comprendre que derrière une simplification apparente, se cachent une perte de contrôle de l'utilisateur et une illusion qui rend le fonctionnement des machines (ou des logiciels) opaque. En effet, l'utilisateur peut être conduit à croire que la machine « reconnaît » qu'il veut communiquer une adresse cliquable, alors qu'il ne s'agit que d'une forme (un motif) automatiquement repérée.

Un problème analogue s'observe sur certains traitements de texte, lorsque les utilisateurs n'utilisent pas les styles hiérarchiques (styles Titre 1, Titre 2, etc.) et que le logiciel « devine » le niveau de titre à la taille des caractères choisie. Le processus est assez hasardeux. Si l'utilisateur contrôle les éléments de structure, il peut piloter automatiquement la forme sans erreur, alors que la délégation à la machine peut être source de confusions.

Ce problème donne une idée du fonctionnement des « intelligences artificielles » qui justement font des inductions à partir de la reconnaissance de patterns. Cela peut bien fonctionner pour la reconnaissance des visages, l'analyse des radios en médecine, mais peut générer des erreurs grossières dans d'autres domaines.

4. Des destinations farfelues, sous contraintes économiques

La création automatique d'un lien, en prenant comme adresse l'expression telle qu'elle est écrite, n'est qu'une partie de la question. La page sur laquelle le lien aboutit en est une autre. La réponse n'est pas technologique mais économique. Pour attirer les internautes, les sites agrègent beaucoup d'adresses différentes d'une part et, d'autre part, essayent d'être bien classés sur un grand nombre de requêtes.

Ainsi, le site <http://cher.es/> est en vente le 14 septembre. De même, si l'on est « mort de rir.es » : le domaine « rir.es » est en vente, pour 288 euros ! Le site <https://www.boxen1.com/> est en lien à « ami.es ». L'appel du site <http://certain.es/> conduit à un message d'erreur 403, pouvant laisser croire à un endroit privé auquel on n'aurait pas la permission d'accéder (ce qui correspond à ce type d'erreur) : « *Forbidden. You don't have permission to access / on this server. Additionally, a 403 Forbidden error was encountered while trying to use an ErrorDocument to handle the request* ».

Ainsi, même s'il n'y a pas de page correspondant au lien généré, les navigateurs et les moteurs utilisés vont essayer de donner une réponse, afin d'éviter de confronter l'utilisateur à un message d'erreur ou à l'angoisse générée par le silence. Toujours la recherche de la « fluidité » de l'interaction !

En tous cas, la question de la destination du lien généré n'a aucun *lien* avec la création de ce lien !

5. Un contenu d'enseignement à construire

À la suite de cette petite enquête, on peut s'interroger sur ce qu'il faut savoir pour pouvoir la mener. Pour faire simple, il s'agit d'identifier des contenus d'enseignement, au sens défini par Fluckiger (2019). La notion générale d'expression régulière ne fait pas partie des programmes de l'école primaire, mais reconnaître un motif particulier dans des suites de caractères n'est pas très difficile. Ayant identifié des logiciels effectuant les transformations étudiées, des activités de découverte et de tests peuvent être menées avec des élèves, même jeunes. Cela peut contribuer à construire une vision non anthropomorphique du fonctionnement des machines numériques.

Ensuite, étudier les caractéristiques de l'écriture inclusive peut conduire à l'énonciation de certains algorithmes pour générer les expressions et réfléchir à différentes formes de « points » permet de travailler sur l'écriture même de la langue, ce qui peut s'avérer très utile.

Enfin, disposer de quelques connaissances sur l'économie du web et le fonctionnement des moteurs de recherche, éléments qui sont au cœur de certaines pratiques personnelles en fin d'école primaire et au collège, est de nature à aider les élèves à prendre de la distance avec leurs pratiques et à leur donner des capacités d'analyse.

Pointer des dysfonctionnements des technologies numériques, non pour les éradiquer, mais pour déclencher des réflexions et des activités d'enseignement et d'apprentissage, en favorisant le détournement et l'expérimentation, est certainement au cœur de la didactique de l'informatique. Essayons d'approfondir ce dernier point.

5.1. Des logiciels de production qui sont en partie leur propre EIAH

Un autre exemple va nous permettre de mettre en perspective le fonctionnement de certains logiciels généraux (comme les traitements de texte) et les apprentissages plus ou moins implicites que les utilisateurs peuvent réaliser.

Lorsque l'on rédige un paragraphe avec une vérification en français, l'écriture avec des chiffres de « premier » ou « première », « deuxième » ou « seconde », etc., peut conduire à un passage automatique en exposant. Ainsi, avec le traitement de texte Word, on écrit « 1 » puis « er » collé, puis une espace, et on obtient « 1^{er} ». Si on écrit « 1 » suivi de « st », rien ne se passe : « 1st ». Quand on écrit en anglais, avec une langue anglaise comme langue de vérification du texte, on obtient un fonctionnement différent : « 1st ».

Ainsi, le mode de fonctionnement semble refléter les règles typographiques et même en quelque sorte « implémenter » certaines de ces règles. Cependant, ces dernières ne sont pas complètement liées aux langues, mais avant tout aux règles édictées dans les différents pays et qui sont évolutives. En France, on devrait écrire « 2^e », mais on voit souvent « 2^{ème} » et le logiciel de traitement de texte de Microsoft fait automatiquement le passage en exposant (mais il y a peut-être un réglage de paramètre à faire). Avec LibreOffice ou OpenOffice, la transformation se fait avec le « e » mais pas avec le « ème ». Pire, « 2^{ième} », qui est vraiment une forme *fautive* en France, est aussi obtenue automatiquement par Word.

Le logiciel a certainement des effets d'apprentissage fort. Une transformation faite automatiquement est comme une rétroaction positive, montrant ce qui est correct. La répétition des gestes (mettre « ième » après un chiffre et appuyer sur la barre d'espace) agit comme un renforcement positif : l'écriture est forcément correcte, puisqu'elle est automatiquement effectuée par le logiciel lui-même (par la mise en exposant). En outre, saisir une quelconque suite de caractères précédée par un chiffre et suivie par une espace ne conduit pas à une mise en exposant. Cela renforce l'idée que le logiciel utilise des règles, censées être correctes, quand il effectue la transformation (en partie) souhaitée : comme un enseignant qui vous récompense quand vous écrivez quelque chose de correct.

Il y a ainsi un apprentissage par expérience, par l'action. On peut faire des essais et erreurs et observer quand on est récompensé par une transformation : « 1nd » pas de passage en exposant, mais avec « 2nd », cela fonctionne. On apprend ainsi les formes typographiques correctes... en fait, pas vraiment, comme on vient de le voir, avec « 2^{ème} » !

D'ailleurs un enseignement explicite des règles typographiques pourrait se heurter au fonctionnement du logiciel et aux comportements renforcés et « appris » *via* l'utilisation du logiciel. On n'est pas si loin des technologies dites « persuasives » (Fogg, 2009), conçues « pour changer les attitudes ou les comportements des utilisateurs par la persuasion et l'influence sociale, mais non par la coercition » - selon Fogg, traduction de Zouinar (2019). Pour des raisons notamment éthiques, il est souhaitable de procéder autrement, en changeant la manière d'utiliser les logiciels.

5.2. Détourner les logiciels de production pour en faire des environnements d'apprentissage

Même s'ils ne sont pas à proprement parler des EIAH, dans le sens d'environnements conçus pour l'apprentissage humain, des logiciels peuvent le devenir par détournement. On observe un dysfonctionnement dans un logiciel de production ou dans une fonctionnalité d'un logiciel et on tire parti du caractère réactif de ce logiciel pour le transformer en environnement d'apprentissage : processus d'essais-erreurs, induction, etc. On détourne le logiciel de ses finalités en essayant de prévoir les transformations opérées par le logiciel : faire sciemment des erreurs orthographiques, écrire des formes un peu particulières, etc.

D'ailleurs, il y a quelques années, c'était une bonne manière pour essayer de comprendre le fonctionnement des moteurs de recherche : lancer la même requête pendant un certain laps de temps pour étudier l'évolution des réponses proposées. Mais si on le fait de manière très instrumentée, en lançant beaucoup de requêtes, le test peut être repéré par le moteur de recherche (enfin par celui de Google) conduisant à d'autres processus dans la gestion des propositions. On est dans un cas où le test change le phénomène à observer. Le moteur Google intègre également des jeux (la requête « jouer avec Google » fournit des exemples) et des jeux peuvent aider à mieux comprendre son fonctionnement (Simonnot, 2008). Ainsi il est intéressant d'essayer de trouver deux ou trois mots qui, utilisés séparément dans une requête, donnent beaucoup de résultats et plus aucun quand ils sont associés.

Via des consignes particulières qui orientent des détournements, les environnements deviennent des environnements pour l'apprentissage humain, juste en changeant la manière de les utiliser. Bien évidemment, en termes de recherche, il conviendrait de tester ces activités avec un public et d'essayer de décrire, voire de caractériser avec quelques mesures ad hoc, ce que les utilisateurs arrivent à mieux comprendre. On pourrait réfléchir à intégrer des fonctionnalités aux logiciels généraux pour qu'ils puissent plus aisément être détournés afin de faciliter leur propre compréhension.

En outre, derrière des apprentissages plutôt techniques, on peut également développer des « dispositions » (*esprit critique*) vis-à-vis des dispositifs informatiques en appliquant ce principe d'apprentissage essentiel: le détournement. Demeure une tension également essentielle entre utilisation et compréhension, s'agissant des technologies informatiques: une relative maîtrise de leur fonctionnement ne devrait pas être l'unique objectif, il faudrait toujours y associer des éléments de compréhension.

RÉFÉRENCES

Briard, C. (2004, 27 janvier). Quand Microsoft se branche sur l'anthropologie. *Les Échos*. <https://www.lesechos.fr/2004/01/quand-microsoft-se-branche-sur-lanthropologie-628862>

Fluckiger, C. (2019). *Une approche didactique de l'informatique scolaire*. Presses universitaires de Rennes.

Fogg, B.J. (2009). A behavior model for persuasive design. Dans S. Chatterjee et P. Dev (dir.), *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology (Persuasive 2009)*, (p. 1-7). ACM. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1541948.1541999>

Simonnot, B. (2008). Quand les moteurs de recherche appellent au jeu : usages ou détournements ? *Questions de communication*, 14, 95-114. <https://journals.openedition.org/questionsdecommunication/752>

Zouinar, M. (2019). Théories et principes de conception des systèmes d'automesure numériques : De la quantification à la régulation distribuée de soi. *Réseaux*, 4(216), 83-117. <https://www.cairn.info/revue-reseaux-2019-4-page-83.htm>

ANNEXE

Il y a près de 20 ans, j'ai écrit une tribune sur le fonctionnement du correcteur orthographique du traitement de texte de Microsoft Word suite à un dysfonctionnement qualifié de raciste. Cherchant à retrouver le contexte, j'ai trouvé deux entrefilets dans des journaux informatiques.

« Le correcteur d'orthographe de Word 2000 suggère de remplacer le mot "Anti-stress" par "Anti-arabes". Microsoft, profondément gêné par cette affaire, a préféré interrompre momentanément la production de son logiciel ». Zdnet

« Pour se justifier, Microsoft a fourni l'explication "technique" suivante : proche d'anti-stress, avec 8 lettres communes sur 11, la chaîne de caractères "anti-arabes", qui figure également dans le dictionnaire en temps [sic] que mot "d'usage courant", est automatiquement proposée par l'algorithme.

La direction de Microsoft réfute donc toute intention raciste et a d'ores et déjà édité un correctif, qui sera téléchargeable sur son site d'ici à quelques jours et intégré dans la version de Word 2000 commercialisée à partir du mois prochain. » 01.net

Mais le texte lui-même, publié en juin 2001 dans une revue du CNDP, longtemps accessible en ligne, ne semble plus l'être, interrogeant sur l'intérêt et la capacité des institutions nationales liées au ministère de l'éducation à conserver les réflexions et publications sur le numérique éducatif.

Comment savoir si mon correcteur orthographique est raciste ?

Éric Bruillard IUFM de Caen

L'histoire remonte à l'an dernier. Au cours d'une émission diffusée sur une chaîne cryptée, un animateur se sert à l'écran du correcteur orthographique d'une version récente d'un traitement de texte célèbre. Il tape le mot composé *Anti-stress* (avec une majuscule). Ne reconnaissant pas ce vocable, le logiciel le souligne. L'appel au correcteur fournit une seule proposition : « Anti-Arabes ». L'association du mot « stress » à « Arabes » est pour le moins troublante. Sur le plateau de l'émission, la cause est jugée : voilà, à n'en pas douter, un flagrant délit de racisme par machine interposée... Les coupables sont vite désignés : l'entreprise responsable du programme ou ses sous-traitants.

Avant de souscrire à ce verdict sans appel, en se glorifiant même de ne rien comprendre au programme, donnons un moment la parole au correcteur orthographique afin qu'il puisse « expliquer » son comportement.

Deux questions préalables

Nous nous faisons toujours une représentation – même grossière, même en partie inconsciente – des systèmes techniques que nous utilisons. Ainsi, nous supposons que la machine, lorsqu'elle ne reconnaît pas un mot, cherche à en donner un autre, proche. Mais que signifie proche, dans ce cas ? J'ai travaillé la question avec plusieurs groupes d'adultes en formation. L'idée qu'ils s'en faisaient est que la machine consulte une sorte de dictionnaire aux entrées classées alphabétiquement ; la proximité serait alors l'ordre classique du dictionnaire. Or, on s'en rend compte, à la suite de la racine *anti*, il y a loin du « s » de *stress* au « A » de *Arabes*..

L'autre question est celle de l'origine du corpus. D'où sort le mot « Anti-Arabes » ? Il n'est certainement pas dans le dictionnaire de l'Académie. De façon plus générale, d'où viennent les mots reconnus par le dictionnaire orthographique d'un logiciel ? En fait, conçu pour aider le scripteur, ici et maintenant, il doit forcément intégrer les mots courants - et pas uniquement ceux qui sont passés à la postérité. Des sociétés établissent donc des corpus sur la base, notamment, des articles de journaux. On comprend alors qu'un mot comme « Anti-Arabes », malheureusement d'actualité, ait été retenu. On ne peut pas bannir certains mots de la langue sous prétexte que le concept qu'ils véhiculent ne nous plaît pas.

Une démarche expérimentale

Mais comment trouver le fonctionnement d'un correcteur informatique, et, plus exactement, du programme qui, à partir d'une graphie incorrecte dans une langue, propose des mots de graphie proches et acceptables ? Nous choisissons la démarche expérimentale : fournir à la machine des mots mal orthographiés et essayer de déduire de ses propositions des règles de fonctionnement (au passage, il est intéressant de constater que les utilisateurs répugnent à commettre sciemment des erreurs...). Cette activité est en elle-même formatrice : étudier le phénomène, faire des hypothèses, les mettre à l'épreuve, essayer de prédire sur de nouveaux cas le comportement du programme..

On tombe rapidement d'accord sur la nécessité de travailler de manière méthodique et de commencer avec des mots courts. Ainsi, à partir de *apie*, on obtient dans l'ordre *prie, ripe, pie, pies, rie*. Le mot *rabre* conduit aux propositions *arbre* et *rare*. Dans ces deux exemples, la première proposition s'est faite à partir de l'inversion des deux premières lettres du mot. Le logiciel ne s'attache donc pas à l'ordre alphabétique.

En fait, la logique de conception du programme étant d'aider un scripteur en chair et en os, elle tient compte des sources d'erreur : une inversion de lettres est beaucoup plus courante avec un clavier qu'avec un stylo. La réflexion à mener est donc de nature ergonomique.

En multipliant les expériences, on s'aperçoit que les solutions proposées résultent de trois transformations élémentaires : l'inversion de deux lettres consécutives, la soustraction ou l'ajout d'une lettre. Cela indique bien que les opérateurs sont de nature formelle. Et la combinaison de ces transformations donne l'idée de distance entre deux suites de caractères. La notion de proximité devient alors claire : elle dépend du nombre de transformations élémentaires nécessaires pour passer d'un mot à un autre. Ainsi, des rapprochements apparemment magiques viennent-ils simplement du fait que deux mots sont proches, dans le sens qui vient d'être défini.

Apparaît alors une notion de complexité, qui peut être mesurée par le nombre de combinaisons d'opérations élémentaires. On convoque les mathématiques pour montrer que le nombre de ces combinaisons croît avec la longueur du mot de départ. Ainsi, pour les mots longs, il est difficile d'appliquer exactement les mêmes principes. Si l'orthographe est trop altérée, on a peu de chance de retrouver une graphie correcte par le jeu des transformations élémentaires. Le nombre de propositions faites par l'ordinateur diminue d'ailleurs considérablement.

Sur des mots encore plus longs, il arrive que la seule suggestion de la machine consiste à remplacer un mot par deux (c'est le cas pour les adverbes qu'elle ne reconnaît pas, pour lesquels elle propose de traiter le suffixe *ment* comme un mot séparé). Notons que l'oubli de l'espace entre deux mots est une erreur que personne ne ferait avec un stylo.

Différents essais montrent que les principes mis en évidence sont à peu près respectés, avec cependant, parfois, des propositions plus énigmatiques, sans doute à mettre sur le compte de l'obligation, pour le programme, de répondre quasi instantanément.

Une machine mieux contrôlée

Pour résumer, cette expérience a permis de se convaincre qu'aucun traitement sémantique n'est opéré par la machine. On peut être déçu de ne pas avoir su mettre en lumière le processus qui a conduit à cette proposition du logiciel. L'énigme n'a certes pas été complètement levée mais des pistes ont été données et d'autres restent à explorer. Par exemple : les mots *stress* et *Arabes* ont tous les deux six lettres, dont trois en commun. Existe-t-il beaucoup de mots de six lettres qui acceptent le préfixe *anti* ? Et parmi ces mots, y en a-t-il beaucoup à posséder plus de trois lettres en commun ?

Reste, bien sûr, la solution de demander des comptes à l'entreprise. Mais outre qu'elle n'acceptera sans doute pas de dévoiler ses secrets de fabrication, il n'est pas sûr que les explications qu'elle fournirait seraient lisibles par des non-spécialistes...

L'intérêt de cette expérimentation, même si elle n'est qu'exploratoire, c'est qu'elle a fait comprendre aux adultes en formation que la machine n'avait pas de comportement magique ou aléatoire et qu'elle n'était habitée par aucun « malin génie » qui aurait truffé de mots pièges sa banque de données... Au passage, on a eu l'occasion de réfléchir au rôle de l'interface d'un logiciel de bureautique. On s'est posé quelques questions : pourquoi les mots mal orthographiés sont-ils soulignés ? De quelles connaissances ou informations dispose la machine et quel processus met-elle en œuvre ? Quelles sont les compétences nécessaires ou utiles à l'utilisateur pour s'approprier un tel programme ? Quels détournements peut-il opérer ? (On sait qu'il est parfois plus rapide de faire sciemment des fautes, sachant que le recours au correcteur permet d'aller plus vite. C'est notamment le cas lorsqu'il faut inclure des caractères qui ne sont pas directement accessibles au clavier - par exemple des majuscules accentuées.)

Avoir une meilleure idée de ce que fait la machine ne rendra pas toujours un usager plus performant, mais cela lui permettra d'exercer un contrôle plus grand sur les instruments technologiques qu'il utilise. Sous des formes diverses, les dispositifs informatiques sont maintenant partout présents dans notre environnement quotidien. Ignorer totalement leur fonctionnement ne peut que renforcer des visions naïves ou erronées ; aussi est-il important d'essayer de le dévoiler en invitant les élèves à une démarche de type expérimental et en aiguissant leur curiosité - par exemple, à propos d'un correcteur politiquement incorrect...



Comités

Rédacteur en chef

Sébastien GEORGE • LIUM, Le Mans Université, Laval

Comité de rédaction

Georges-Louis BARON • EDA, Université de Paris

Monique BARON • LIP6, Sorbonne Université

Laetitia BOULC'H • EDA, Université de Paris

Éric BRUILLARD • EDA, Université de Paris

Pierre-André CARON • CIREL, Université de Lille

Christophe DESPRÈS • LIUM, Le Mans Université

Nour EL MAWAS • CIREL, Université de Lille

Sébastien GEORGE • LIUM, Le Mans Université, Laval

Monique GRANDBASTIEN • LORIA, Université de Lorraine

Richard HOTTE • LICEF, Télé-université, Université du Québec, Montréal,
Canada

Pierre JACOBONI • LIUM, Le Mans Université

Élise LAVOUÉ • LIRIS, Université Jean Moulin Lyon 3

Vanda LUENGO • LIP6, Sorbonne Université

Agathe MERCERON • Université de Berlin, Allemagne

Gaëlle MOLINARI • TECFA, Unidistance, Genève, Suisse

Chrysta PÉLISSIER • Praxiling, Université Montpellier 3

Jean-Luc RINAUDO • CIRNEF, Université de Rouen Normandie

Comité de parrainage scientifique

Nicolas BALACHEFF • LIG, CNRS

Stefano CERRI • LIRMM, Université de Montpellier 2

Christian DEPOVER • Université de Mons, Belgique

Alain DERYCKE • TRIGONE, Université de Lille

Pierre DILLENBOURG • École polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse

Claude FRASSON • Université de Montréal, Canada

Catherine GARBAY • LIG, CNRS

Gilles GAUTHIER • UQAM, Canada

Guy GOUARDÈRES • API, Université Paul Sabatier

Ulrich HOPPE • Université de Duisbourg, Allemagne

Jean-Marc LABAT • LIP6, Sorbonne Université
Patrick MENDELSON • LSE, IUFM Académie de Grenoble
Jean-François NICAUD • LIG, Université Grenoble Alpes
Gilbert PAQUETTE • LICEF, Télé-université, Université du Québec,
Montréal, Canada
Janine ROGALSKI • DR CNRS honoraire, LDAR, Université de Paris
Maria Felisa VERDEJO • Universidad nacional de educación a distancia,
Espagne

Comité de lecture

Michel ARNAUD • Université Paris Nanterre
François-Xavier BERNARD • EDA, Université de Paris
Mireille BÉTRANCOURT • TECFA, Université de Genève, Suisse
Jacques BÉZIAT • CIRNEF, Université de Caen Normandie
Bernard BLANDIN • CREF, Université Paris Nanterre et CESI
François BOUCHET • LIP6, Sorbonne Université
Julien BROISIN • IRT, Université de Toulouse Paul Sabatier
Thibault CARRON • LIP6, Sorbonne Université et Université de Savoie
Mont-Blanc
Ulrich CARSTEN • EdTec Lab, DFKI GmbH, Sarrebrück, Allemagne
Thierry CHANIER • LRL, Université Clermont Auvergne
Ghislaine CHARTRON • CNAM, Paris
Christophe CHOQUET • LIUM, Le Mans Université, Laval
Philippe COTTIER • CREN, Université de Nantes
Jacques CRINON • INSPÉ, Université Paris Est Créteil
Bruno DE LIÈVRE • Université de Mons, Belgique
Nicolas DELESTRE • LITIS, INSA de Rouen
Élisabeth DELOZANNE • LIP6, Sorbonne Université
Michel DESMARAIS • École polytechnique de Montréal, Canada
Cyrille DESMOULINS • LIG, Université Grenoble Alpes
Philippe DESSUS • LSE, Université Grenoble Alpes
Angélique DIMITRACOPOULOU • LTEE, Université d'Égée, Grèce
Béatrice DROT-DELANGE • ACTé, Université Clermont Auvergne
Aude DUFRESNE • ESI, Université de Montréal, Canada
Cédric FLUCKIGER • Théodile-CIREL, Université de Lille
Serge GARLATTI • Lab-STICC, IMT Atlantique, Brest
Jean-Marie GILLIOT • Lab-STICC, IMT Atlantique, Brest
Brigitte GRUGEON • LDAR, INSPÉ, Université Paris Est Créteil
Viviane GUÉRAUD • LIG, Université Grenoble Alpes
Nicolas GUICHON • ICAR, Université Lumière Lyon 2

Nathalie GUIN • LIRIS, Université Lyon 1
France HENRI • LICEF, Télé-université, Université du Québec, Montréal,
Canada
Pierre JARRAUD • FOAD, Sorbonne Université
Michelle JOAB • LIRMM, Université Montpellier 2
Céline JOIRON • MIS, Université de Picardie Jules Verne, Amiens
Mehdi KHANEBOUBI • STEF, ENS Paris-Saclay
Vassilis KOMIS • Université de Patras, Grèce
Thérèse LAFERRIÈRE • TACT, Université Laval, Canada
Françoise LE CALVEZ • LIP 6, Sorbonne Université
Marie LEFÈVRE • LIRIS, Université Lyon 1
Dominique LENNE • Heudiasyc, Université de Technologie de Compiègne
Pascal LEROUX • CREN, Le Mans Université
Paul LIBBRECHT • Leibniz Institute for Research and Information in
Education, Allemagne
Cabral LIMA • Université Fédéral de Rio de Janeiro, Brésil
Domitile LOURDEAUX • Heudiasyc, Université de Technologie de
Compiègne
Pascal MARQUET • LISEC, Université de Strasbourg
Jean-Charles MARTY • LIRIS, Université de Savoie
André MAYERS • Université de Sherbrooke, Canada
Christine MICHEL • TECHNÉ, Université de Poitiers
Roger NKAMBOU • GDAC, Université du Québec à Montréal, Canada
Thierry NODENOT • LIUPPA, Université de Pau et des Pays de l'Adour,
Bayonne
Daniel PERAYA • TECFA, Université de Genève, Suisse
Yvan PETER • CRISTAL, Université de Lille
Julia PILET • LDAR, INSPÉ, Université Paris Est Créteil Val de Marne
Dominique PY • LIUM, Le Mans Université
Christophe REFFAY • ELLIAD, INSPÉ, Université de Franche-Comté
Éric SANCHEZ • TECFA, Université de Genève, Suisse
Karim SEHABA • LIRIS, Université Lyon 2
Nicolas SZILAS • TECFA, Université de Genève, Suisse
Pierre TCHOUNIKINE • LIG, Université Grenoble Alpes
André TRICOT • EPSYLON, Université Paul-Valéry Montpellier 3
Nicolas VAN LABEKE • Learning Sciences Research Institute, University of
Nottingham, UK
Jean VANDERDONCKT • ISYS, Université catholique de Louvain, Belgique
Kalina YACEF • Université de Sydney, Australie

En mémoire d'anciens membres des comités :

Erik DUVAL • Université de Louvain, Belgique

Jacques PERRIAULT • Université Paris Nanterre

François VILLEMONTAIX • CIREL, Université de Lille

**Nous remercions les personnes extérieures aux comités
qui ont relu pour ce numéro :**

Jean-Marie BOILEVIN • CREAD, INSPÉ Bretagne

Denis BOUHINEAU • LIG, Université Grenoble Alpes

Jérôme ENEAU • CREAD, Université de Rennes 2

Nadine MANDRAN • LIG, Université Grenoble Alpes / CNRS

Sandra NOGRY • Paragraphe, Université de Cergy-Pontoise

Ecatérina PACURAR • CIREL, Université de Lille

Gaëtan TEMPERMAN • Université de Mons



ISBN 978-2-901384-04-5
DOI: 10.23709/sticef.27.1