
Sticef

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

Volume 32, numéro 1, 2025

Varia



Sticef

**Volume 32
numéro 1, 2025**

varia

© ATIEF, 2025

ISBN 978-2-901384-11-3

DOI: 10.23709/sticef.32.1 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

Élise LAVOUÉ • Éditorial 7

ARTICLES DE RECHERCHE

Christine MICHEL, Laetitia PIERROT, Frédéric ORU, Olivier VIGNEAU • Évaluer la maturité numérique des enseignants à grande échelle à partir des Teaching Analytics : vers une visualisation contextualisée des usages et leur analyse stratégique 10

Pascale CATOIRE, Manuel SCHNEEWELE, Elodie TRICARD • Pratiques numériques des enseignants du primaire et du secondaire depuis le confinement : évolution des usages ... 42

Isabelle LECLUSE-COUSYN • Premières étapes d'élaboration et de validation de l'échelle de perception de l'accompagnement du formateur en contexte hybride..... 65

RUBRIQUES

Nathalie BORGOGNON, Laurent MOCCOZET, Gaëlle MOLINARI • Continuité phygitale des activités collaboratives hybrides de fabrication dans les FacLabs 90

Philippe DESSUS, Daniel SEYVE • La détection de l'utilisation de robots conversationnels en contexte universitaire : Le cas de Compilatio Magister+..... 112

Éric BRUILLARD • Intelligence artificielle générative et éducation scolaire : quelques réflexions 129

Comités 154

Éditorial

Volume 32

Élise LAVOUÉ (Rédactrice en chef de STICEF)

1. COMPOSITION DU VOLUME

J'ai le plaisir d'introduire ce volume 32 (2025) de la revue STICEF, qui propose un numéro varia comprenant trois articles de recherche et trois rubriques. Cette diversité de types de contributions permet de présenter à la fois des travaux de recherche et des points de vue issus de la communauté EIAH. Nous observons notamment, à travers deux rubriques, l'émergence de réflexions autour de l'usage de l'intelligence artificielle générative (IAG) en éducation. Le numéro spécial actuellement en préparation sur cette thématique apportera une vision plus approfondie des travaux de la communauté francophone sur ce sujet.

Un appel à contributions a été lancé en 2024 pour un numéro spécial dédié à la « Visualisation et usage des données éducatives ». Parmi les 18 résumés d'intention de soumission reçus, 10 propositions ont été retenues en raison de leur adéquation avec le thème du numéro et de leur potentiel à donner lieu à des articles de recherche apportant une contribution significative à la revue. Au total, 7 articles complets ont été soumis, et un seul a été accepté à l'issue d'un processus d'évaluation rigoureux, impliquant au moins deux évaluateurs ainsi qu'un méta-relecteur. Cet article a finalement été intégré dans ce numéro varia. Nous remercions très chaleureusement les coordinateurs de ce numéro spécial, Franck Amadiou, Michel Desmarais et Mar Pérez-Sanagustín, pour leur engagement tout au long du processus, dont nous mesurons l'exigence et l'investissement.

Avant de présenter les contributions de ce volume, nous tenons également à remercier très sincèrement le comité de lecture ainsi que l'ensemble des relecteurs extérieurs pour l'expertise précieuse qu'ils ont apportée. Nous remercions également les auteurs pour les améliorations successives apportées à leurs articles à la suite des retours des relecteurs et des éditeurs.

Le premier article de ce numéro varia, proposé par Christine Michel, Laetitia Pierrot, Frédéric Oru et Olivier Vigneau, initialement soumis au numéro spécial « Visualisation et usage des données éducatives », part du constat que, malgré les politiques de transformation numérique de l'éducation, l'intégration du numérique par les enseignants reste limitée et les effets des dispositifs de formation demeurent difficiles à évaluer. Les auteurs proposent une méthode pour analyser la maturité numérique des enseignants à grande échelle à partir des traces d'usage issues d'un environnement numérique de travail (ENT). En mobilisant une approche multidimensionnelle articulant les niveaux micro, méso et macro, l'étude vise à identifier des indicateurs et des visualisations permettant de suivre la dynamique de cette maturité selon les contextes et d'éclairer les actions de formation et d'accompagnement.

Les travaux présentés par Pascale Catoire, Manuel Schneeweile et Élodie Tricard contribuent à mieux comprendre l'évolution des usages numériques des enseignants après la

période de confinement de 2020. À partir d'une comparaison de questionnaires administrés en 2020 et 2023 auprès d'enseignants du second degré, complétés par des entretiens et analysés à l'aide du modèle UTAUT, l'étude identifie les facteurs qui influencent le choix et l'appropriation des outils numériques. Les résultats montrent que les pratiques développées pendant le confinement se sont maintenues de manière inégale et s'intègrent souvent dans des logiques de « bricolage » pédagogique, tout en révélant des similitudes importantes avec les enseignants du premier degré, ainsi que certaines différences liées au contexte d'enseignement.

Isabelle Lecluse-Cousyn s'intéresse pour sa part au contexte du développement des formations hybrides, notamment dans les Instituts de Formation en Soins Infirmiers. L'article propose et valide les premières étapes d'un instrument de mesure de la perception de l'accompagnement des formateurs par les apprenants. À partir de collectes quantitatives auprès d'étudiants infirmiers et d'analyses psychométriques, l'auteure développe l'Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride (EPAFCH), structurée en quatre dimensions : accompagnement individualisé, accompagnement dans l'apprentissage, accompagnement à l'autonomie et accompagnement valorisant la progression. L'étude apporte ainsi une contribution méthodologique en proposant un outil permettant d'évaluer l'accompagnement pédagogique en contexte hybride du point de vue des apprenants.

La rubrique de Nathalie Borgognon, Laurent Moccozet et Gaëlle Molinari présente un travail transdisciplinaire pour analyser l'hybridité des FacLabs, espaces universitaires de fabrication numérique où les étudiants naviguent entre différentes dimensions d'activité (physique/numérique, tangible/intangible, présence/distance, individuel/groupe, synchrone/asynchrone). Les auteurs introduisent le concept de continuité phygitale pour analyser et dépasser les discontinuités entre ces environnements hybrides, en mobilisant la métaphore de l'écotone pour décrire les zones de transition entre ces dimensions. La contribution consiste à proposer un cadre conceptuel et technologique visant à soutenir la continuité des activités d'apprentissage dans ces contextes, notamment à travers l'identification de technologies-passerelles et la conception d'un « Scene Graph Phigital » permettant de centraliser et exploiter les traces issues de ces environnements hybrides.

Dans leur rubrique, Philippe Dessus et Daniel Seyve présentent une étude empirique évaluant la fiabilité de l'outil Compilatio Magister+ pour détecter les textes générés par des robots conversationnels. À partir d'un corpus de 86 documents proches de productions académiques, soit rédigés par des humains, soit générés par ChatGPT-4 ou Claude, les auteurs analysent les performances réelles du système dans un contexte francophone et sur des textes de longueur comparable à ceux rencontrés dans l'enseignement supérieur. Les résultats montrent que si l'outil identifie correctement les textes humains, sa capacité à détecter les textes générés par des chatbots n'est pas meilleure que le hasard. La contribution consiste ainsi à apporter une évaluation empirique critique de ces outils de détection et à éclairer les débats actuels sur leur fiabilité et sur la décision croissante de certaines universités de désactiver ces dispositifs.

Finalement, la rubrique d'Éric Bruillard est dédiée à une analyse critique de travaux récents (2024-2025) consacrés à l'usage de l'IAG dans l'éducation scolaire. Elle examine les principaux enjeux liés à l'intégration de ces outils : la fiabilité des contenus et les phénomènes d'hallucination, les modalités d'adoption par les élèves et les enseignants, les formes d'usage (dont la tricherie ou l'aide à l'apprentissage) ainsi que les risques d'inégalités et de dépendance aux systèmes d'IAG. La contribution consiste ainsi à proposer une synthèse analytique des tendances et des débats actuels sur l'IAG dans l'enseignement

secondaire, tout en soulignant le rôle central de la pensée critique comme réponse possible aux limites et aux erreurs de ces technologies.

2. DU NOUVEAU POUR LA REVUE

Nous accueillons un nouvel arrivant au sein du comité de rédaction, Philippe Dessus (LaRAC, Université Grenoble Alpes), qui a accepté notre invitation et s'est depuis fortement investi dans le fonctionnement de la revue. Pour rappel, les propositions d'intégration de nouveaux membres sont faites prioritairement parmi les membres du comité de lecture ayant montré un investissement particulier pour la revue, que ce soit par la réalisation de plusieurs évaluations et/ou par leur participation à la coordination de numéros spéciaux. Nous accueillons également plusieurs nouveaux membres au sein du comité de lecture : Rémi Venant (LIUM, Le Mans Université) et Nadia Naffi (Université Laval, Québec).

Durant l'année 2024, la revue STICEF a mené une réflexion sur son positionnement vis-à-vis de l'usage de ChatGPT et d'autres outils d'IAG. Cette réflexion a abouti à la rédaction de recommandations à destination des auteurs concernant l'utilisation responsable de ces outils. Les réflexions se poursuivent aujourd'hui sur les politiques de transparence, d'intégrité scientifique et d'ouverture des données. Par ailleurs, les recommandations de rédaction aux auteurs précisent désormais une limite indicative de mots, dans le respect de la déclaration de San Francisco sur l'évaluation de la recherche (DORA). Enfin, nous rappelons que la revue est ouverte à la proposition de numéros spéciaux sur des thématiques matures de la communauté EIAH, qui seraient co-édités par un membre du comité de rédaction.

Nous terminons cet éditorial en renouvelant nos remerciements aux comités de la revue, tout particulièrement à son comité de rédaction sans lequel cette revue ne pourrait exister, ainsi qu'aux auteurs et aux relecteurs qui contribuent à en maintenir la qualité.

Évaluer la maturité numérique des enseignants à grande échelle à partir des *Teaching Analytics* : vers une visualisation contextualisée des usages et leur analyse stratégique

Assessing teachers' digital maturity at scale through Teaching Analytics: toward context-aware visualization and strategic analysis of platform use

Christine MICHEL¹ ; Laëtitia PIERROT² ; Frédéric ORU³ ;
Olivier VIGNEAU⁴

¹Université de Poitiers, Techné UR-20297, F-86000 Poitiers, France

²Le Mans Université, CREN UR-2661, F-72000 Le Mans, France

³AI4Better, F-75018, France

⁴EDIFICE, F-75017, France

Résumé. Cet article présente une méthode exploitant les traces d'activité dans un ENT pour évaluer la maturité numérique des enseignants et l'analyser à grande échelle. La méthode formalise la diversité et l'intensité des usages des services de l'ENT. L'expérimentation, menée en 2022–2023 sur deux académies (Paris et Nouvelle-Aquitaine, 36 997 enseignants) montre que la méthode reste fiable selon que les calculs sont réalisés sur le corpus complet ou par partie, et que les visualisations permettent de comparer la maturité numérique des enseignants à grande échelle et selon les contextes géographiques.

Mots-clés : maturité numérique, *Teaching Analytics*, ENT, pratiques enseignantes, usages numériques

Abstract. *This article presents a method that leverages teachers' activity traces within a digital learning environment (ENT) to assess their digital maturity and analyze it at scale. The method formalizes the diversity and intensity of ENT service use. The experiment, conducted in 2022–2023 across two academic regions (Paris and Nouvelle-Aquitaine, 36,997 teachers), shows that the method remains reliable whether calculations are performed on the complete corpus or on subsets, and that the visualizations make it possible to compare teachers' digital maturity on a large scale and across geographical contexts.*

Keywords: *digital maturity, Teaching Analytics, VLE, teaching practices, digital uses*

1. INTRODUCTION

À l’instar d’autres domaines professionnels, l’activité quotidienne des enseignants du primaire et du secondaire est bousculée par le déploiement du numérique. Publiée en janvier 2023 par le Ministère de l’Éducation Nationale français, la stratégie numérique pour l’éducation 2023-2027¹ identifie plusieurs défis à relever pour transformer les processus d’enseignement et d’apprentissage. Parmi ces défis, le développement des usages numériques des enseignants occupe une place centrale, nécessitant des actions structurées de formation et d’accompagnement. Cet enjeu est d’autant plus critique dans le contexte éducatif que (1) l’intégration des outils numériques dans les pratiques des enseignants est limitée (OCDE, 2019), et (2) le renouvellement constant de l’offre d’outils est difficilement compatible avec leur appropriation dans le temps par les enseignants (MENJ, 2023).

Pour répondre à ces défis, différentes initiatives de formation initiale et continue, portées par des acteurs institutionnels, visent à accompagner les enseignants dans leur montée en compétences. Cet enjeu, qui n’est pas propre au système éducatif français, fait même l’objet d’une formalisation explicite, comme au Québec où le référentiel de compétences professionnelles des enseignants intègre la compétence 12 « Mobiliser le numérique », soulignant l’importance de développer et d’évaluer le processus progressif de maturité². Cette dernière se définit comme leur capacité à intégrer de manière efficace les outils numériques dans leurs pratiques (Michel et Pierrot, 2024). Cependant, malgré ces efforts, les enseignants et les parties prenantes déplorent un manque de coordination entre les actions de formation, des difficultés à les adapter en fonction des besoins des enseignants et une absence de visibilité quant à leurs effets sur la maturité numérique (MENJ, 2020).

Face à ce constat, un besoin d’information apparaît celui de mieux comprendre les usages numériques effectifs des enseignants. La compréhension plus fine des usages permettrait ensuite d’ajuster au mieux les actions d’accompagnement et de formation en fonction des besoins réels des enseignants, tout en facilitant l’évaluation des actions menées. Alors que les approches traditionnelles d’analyse des usages pour la mesure de la maturité numérique reposent souvent sur des enquêtes déclaratives ou des observations ponctuelles, notre travail explore une autre piste : exploiter les traces numériques issues d’un environnement numérique de travail (ENT). Par cette méthode, l’analyse des traces contribue à appréhender la maturité numérique des enseignants de manière plus fine et dans le temps. Cette analyse permet non seulement de mieux comprendre des usages effectifs, mais aussi d’identifier des indicateurs pertinents pour évaluer et accompagner la montée en maturité numérique des enseignants.

L’identification d’indicateurs de maturité numérique en éducation constitue un levier pour soutenir le développement professionnel des enseignants (Crompton et Sykora, 2021). Actuellement, ces indicateurs reposent soit sur des observations à petite échelle (Duguet *et al.*, 2019 ; Johler *et al.*, 2022) ou grande échelle (OCDE, 2019), soit sur des référentiels structurés, qui orientent les besoins de formation. C’est le cas notamment du DigCompEdu (Redecker, 2017), un référentiel utilisé dans l’Union européenne pour décrire les compétences numériques et les utilisations attendues des enseignants dans leurs activités quotidiennes.

¹ <https://www.education.gouv.fr/strategie-du-numerique-pour-l-education-2023-2027-344263>

² https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/devenir-enseignant/referentiel_competchances_professionnelles_profession_enseignante.pdf

Cependant, pour être pleinement efficaces, les actions de soutien à la maturité des enseignants devraient être variées, organisées selon le référentiel choisi (par domaine de compétence ou par niveau de maturité par exemple), et rendues directement accessibles aux enseignants en fonction de leurs besoins, de leurs intérêts ou de leur niveau de maturité (Saar *et al.*, 2022). Ces études suggèrent de fournir aux enseignants des outils d'observation de leurs pratiques et d'encourager la réflexivité.

Les travaux de recherche existants sur la maturité numérique des enseignants (Carvalho *et al.*, 2018 ; Franklin et Bolick, 2007 ; Underwood *et al.*, 2010) montrent que cette notion dépend d'une combinaison de facteurs individuels et contextuels. L'intégration du numérique ne peut dès lors être étudiée sans tenir compte des interactions entre l'enseignant et son exercice professionnel (Harrison *et al.*, 2014).

Pour appréhender cette complexité, nous mobilisons une approche multi-dimensionnelle (Ertmer et Ottenbreit-Leftwich, 2010), qui permet d'analyser les différentes échelles contextuelles imbriquées dans l'étude d'un phénomène social (Wiley, 1988) : l'échelle *micro*, qui concerne les usages individuels de l'enseignant, l'échelle *méso*, qui inclut les interactions avec le contexte et l'échelle *macro*, qui prend en compte les directives institutionnelles et les politiques nationales.

Dans la suite de l'article, nous revenons d'abord sur les fondements théoriques de la maturité numérique des enseignants et les outils d'analyse des usages, tels que les *Teaching Analytics* (TA), pouvant être mobilisés pour l'étudier (section 2). Dans la section 3, nous présentons le processus adopté pour évaluer la maturité numérique. Dans la section 4, nous évaluons la robustesse et la précision de notre méthode vis-à-vis des questions d'échelle et de type de structuration en segments de gros volumes de données. Dans la section 5, nous présentons de nouvelles formes de visualisations pour observer la dynamique de maturité des enseignants d'un territoire ou d'un niveau spécifique d'enseignement. Les visualisations permettent de comparer ou étudier précisément les enseignants des Académies de Paris, Bordeaux, Limoges et Poitiers. Enfin, la section 6 présente la conclusion et propose des perspectives pour de futurs travaux.

2. LES *TEACHING ANALYTICS* POUR MESURER LA MATURITE NUMERIQUE DES ENSEIGNANTS

2.1 USAGES NUMERIQUES ET APPROCHES SOCIO-CONTEXTUELLES DE LA MATURITE EN EDUCATION

Le rapport au numérique des enseignants peut être abordé de différentes manières, parmi lesquelles : l'étude de leurs représentations et perceptions, le diagnostic de leurs compétences ou encore l'identification d'activités investissant les outils. Les enseignants jugent le numérique pertinent pour faciliter les apprentissages, mais manquent de cadrage pour transformer leurs pratiques (Akram *et al.*, 2022). D'ailleurs, une autre méta-analyse de la littérature portant sur les compétences numériques et le développement professionnel des enseignants révèle que la majorité des enseignants, tous niveaux confondus, n'est ni qualifiée ni suffisamment formée au numérique (Fernández Batanero *et al.*, 2020). En effet, la formation proposée est principalement axée sur des aspects techniques, au détriment des dimensions pédagogiques. Cette orientation se traduit souvent par des activités d'apprentissage misant sur des tâches manipulatoires qui ne débouchent pas nécessairement sur des apprentissages significatifs. De leur côté, Escudero *et al.* (2018) s'intéressent aux

modes d'évaluation des activités intégrant le numérique. À cet effet, leur analyse s'intéresse à trois niveaux expliquant ces activités : les actions de formation initiale et continue suivies par les enseignants, les formes de développement professionnel portées par les établissements scolaires et les politiques institutionnelles de déploiement du numérique. Leur analyse multidimensionnelle (*micro*, *méso* et *macro*) insiste sur l'importance de considérer les activités des enseignants en contexte.

Ce dernier angle d'analyse rejoint la sociologie des usages (Chambat et Jouët, 1996 ; Jouët, 1993), pour qui la manière dont les usagers agissent avec des outils numériques s'inscrit dans un cadre social particulier, susceptible de façonner leurs actions. Dans le cas d'un enseignant, considérer le contexte revient à distinguer par exemple l'usage dans la salle de classe, face à des élèves, de celui à son domicile. Selon cette même approche, il est également possible d'isoler l'usage observé dans un contexte plus ou moins favorable au déploiement du numérique. Ce dernier élément est particulièrement mobilisé pour l'étude de la maturité numérique des enseignants.

Les rapports d'enquêtes institutionnelles comme TALIS (OCDE, 2019) ou EPODE (MENJ, 2023) et les travaux de recherche sur la maturité numérique des enseignants (plus largement leurs usages) aspirent à se centrer principalement sur le niveau micro, c'est-à-dire les pratiques enseignantes quotidiennes. Ces publications (Duguet *et al.*, 2019 ; Johler *et al.*, 2022 ; Plantard, 2023) mettent en évidence des disparités dans les usages. Les usages numériques sont plus variés et nombreux chez les enseignants faisant preuve d'une plus grande maîtrise des possibilités offertes par le numérique (Johler *et al.*, 2022). Si l'utilité perçue du numérique est globalement positive dans le premier et le second degré (Duguet *et al.*, 2019), notamment pour s'adapter aux besoins des élèves, le manque d'équipement dans les écoles primaires justifie des usages davantage développés dans le second degré (Plantard, 2023).

Bien que proposées de manière plus disparate, d'autres études explorent les aspects institutionnels et contextuels de la gestion de la mise en œuvre du numérique. Différents facteurs explicatifs du déploiement du numérique ont ainsi pu être mis en évidence, comme la culture scolaire, les connaissances technologiques des enseignants, les attitudes des enseignants à l'égard de l'utilisation du numérique et les compétences des enseignants (Spiteri et Chang Rundgren, 2020). Le soutien institutionnel participe également au développement des pratiques enseignantes (Abel *et al.*, 2022). En France, l'organisation territoriale se reflète aussi dans la gestion du déploiement du numérique. La mise en correspondance des outils numériques disponibles (Cour des comptes, 2019) et des usages numériques (MENJS, 2019) suggère la présence ou l'absence de projets de pilotage du numérique éducatif dans des scénarios d'intégration du numérique différents (Besneville *et al.*, 2019). L'absence de politiques explicites est d'ailleurs identifiée comme facteurs limitant le déploiement du numérique (Murithi et Yoo, 2021), au même titre que des défaillances au niveau des types d'infrastructures techniques proposés (Jalal *et al.*, 2018).

2.2 LA MODELISATION DE LA MATURITE NUMERIQUE

Thordsen et Bick (2023) ont étudié, à partir d'une revue de la littérature, les caractéristiques de différents modèles de la maturité numérique (ou DMM pour *digital maturity model*). Certains modèles s'attachent à décrire l'aspect holistique ou multidimensionnel lié à la maturité. En effet, la notion de maturité prend en considération : l'intégration des outils numériques adaptés à l'activité professionnelle, mais aussi les évolutions en termes de processus de travail et de culture organisationnelle liés à la technologie. Dans d'autres études, la maturité intègre en complément un alignement de la

stratégie numérique avec la stratégie organisationnelle globale de l'organisation. Par ce biais, ces études corrélient la maturité avec la performance organisationnelle, bien que cette relation reste débattue.

D'autres modèles considèrent la maturité comme une succession d'étapes ou des phases qui permettent d'aboutir à un niveau culminant de maturité. Le nombre d'étapes et leurs caractéristiques sont largement dépendants des contextes d'activité des organisations. Le niveau culminant peut être par exemple défini par : une capacité d'adaptation constante pour maximiser les performances de l'organisation (Babkin *et al.*, 2022), une capacité à gérer les données liées aux usages numériques en temps réel pour personnaliser les services et produits et maximiser l'expérience client ou bien pour comprendre et influencer sur la culture organisationnelle, une capacité à réaliser des actions d'innovation, de prise de risque et une gestion proactive des erreurs. Enfin, le terme « niveau d'avancement » implique aussi que la maturité numérique d'une organisation est une mesure, à un instant *t*, de ses efforts de transformation numérique et plus globalement de sa capacité d'évolution et d'adaptation aux changements liés au numérique (Thordsen et Bick, 2023). Cette mesure est directement dépendante des échelles ou des étapes de maturité numérique préalablement identifiées.

Ces principes ont été adaptés pour le contexte éducatif : on retrouve la même variété de propositions ou le même manque de consensus. Śpiwak et Kujawski (2024) reprennent l'idée de transformation numérique globale (infrastructure numérique, adoption des technologies par les acteurs et efficacité organisationnelle) et d'adaptabilité des universités aux défis numériques pour optimiser leur impact éducatif et sociétal. La mesure de la capacité des enseignants à intégrer les compétences numériques dans leur développement professionnel est un point critique, et la maturité numérique est une évaluation de leurs compétences techno-pédagogiques pour l'enseignement (Fernández Batanero *et al.*, 2020). Tocto-Cano *et al.* (2020) reprennent l'idée de performance et indiquent que le niveau culminant de maturité d'une organisation éducative est l'excellence académique. Arianpoor et Abdollahi (2024) affinent cet objectif en considérant l'excellence comme la satisfaction des besoins professionnels. Pour Icela *et al.* (2023), la maturité numérique est atteinte quand l'organisation éducative réalise des objectifs de durabilité, d'innovation et d'apprentissage inclusif, qui permettent d'avoir une convergence équilibrée entre transformations numériques et valeurs humaines, pour atteindre une société durable (qu'ils nomment « société 5.0 »). Stewart et Dewan (2022), en revanche, ne considèrent pas l'objectif final comme un bon mode de spécification et préfèrent considérer les moyens que se donnent les institutions pour la prise de décision/gouvernance éclairée, réalisée en particulier par l'exploitation de données pour l'analyse de l'apprentissage ou la formation.

La maturité se matérialise ainsi par le niveau de sophistication des outils et processus d'intelligence décisionnelle (ou *business intelligence*) utilisée ou construite par l'organisation éducative. Pour préciser et mettre en œuvre cette idée, de nombreux modèles de maturité numérique dans le contexte de l'éducation se centrent ainsi sur l'adoption des Learning Analytics (LA) dans des établissements d'enseignement. On peut citer le LAAMF (*LA Adoption Maturity Framework*) (Anicic *et al.*, 2022) ou le MMALA (*Maturity Model for Adopting Learning Analytics*) (Freitas *et al.*, 2024). La maturité numérique dans ce contexte reflète la capacité institutionnelle à intégrer des environnements hybrides ou analyser plus globalement d'autres données éducatives, pour améliorer les résultats pédagogiques et optimiser les processus d'apprentissage et d'enseignement, en adaptant l'infrastructure, les pratiques, la pédagogie, l'éthique ou plus transversalement la stratégie.

Ainsi, les recherches (Thordsen et Bick, 2023) convergent sur l'idée que la maturité numérique est un processus multidimensionnel et progressif, lié à la transformation

numérique et à l'amélioration continue. Autrement dit, la maturité est un processus d'appropriation des solutions numériques critiques pour l'activité professionnelle de l'organisation (Babkin *et al.*, 2022). Les modèles divergent en revanche sur les dimensions prioritaires, les méthodologies d'évaluation, et la standardisation des critères, ce qui complique les comparaisons entre les organisations. Dans le champ de l'éducation, l'objectif global que sert une plus grande maturité numérique est l'amélioration des résultats pédagogiques. Les principaux facteurs de développement de cette maturité sont : la capacité des enseignants à développer des compétences techno-pédagogiques, la capacité des institutions d'une part à leur donner accès à des situations hybrides pour mettre en œuvre ces compétences et d'autre part à développer des moyens de supervision des évolutions observables à partir de données, en particulier les *Learning Analytics* (LA) et les *Teaching Analytics* (TA).

2.3 LA MATURITE NUMERIQUE DES ENSEIGNANTS ET LES *TEACHING ANALYTICS*

Les méthodes conventionnelles de mesure de la maturité s'appuient sur des questionnaires autodéclarés, qui offrent des perspectives limitées sur l'intégration des outils numériques en classe (Backfisch *et al.*, 2021 ; Fernández Batanero *et al.*, 2020). En effet, de tels instruments ne permettent pas de saisir le contexte réel de la classe. En outre, les auteurs soulignent l'imprécision des réponses, les enseignants n'étant pas toujours en mesure d'évaluer avec précision leurs propres usages. Enfin, la nature déclarative des données collectées ne permet pas toujours d'apprécier l'évolution des usages, témoignant pourtant de processus d'appropriation (Michel et Pierrot, 2023). Pour pallier ces limites, nous proposons d'utiliser les TA, des méthodes guidées par les données pour évaluer la maturité sur la base des usages observés. Ces techniques s'appuient sur l'analyse d'ensembles de données pour aider à informer les processus d'enseignement (Mougiakou *et al.*, 2023). Le principal avantage de cette approche est qu'elle fournit des données quantifiables et objectives, ce qui représente un atout dans la compréhension des usages numériques (Ndukwe, 2021).

Investies en parallèle des LA, les techniques de TA sont moins répandues que les LA dans la littérature. Essentiellement, elles sont appliquées dans le but d'informer sur l'activité des élèves, de recommander des actions de remédiation et d'évaluer les enseignements (Bennacer, 2022). Quelques travaux (Albó *et al.*, 2019 ; Bennacer, 2022 ; Prieto *et al.*, 2016 ; Suehiro *et al.*, 2017) s'intéressent à l'analyse du comportement des enseignants et visent à proposer des indicateurs mesurables pour accompagner la réflexivité des enseignants sur leurs propres pratiques (Ifenthaler et Yau, 2022). Pour cela, certains auteurs mobilisent l'analyse de séries temporelles pour suivre l'évolution des activités d'enseignants et les catégoriser (Prieto *et al.*, 2016 ; Suehiro *et al.*, 2017), mais plus largement ils utilisent des techniques statistiques telles que la prise en compte de la moyenne et l'écart type (Albó *et al.*, 2019) ou l'identification de corrélations (Bennacer, 2022).

En ce qui concerne l'analyse de la maturité numérique, les méthodes reposent principalement sur la classification (Twilt, 2023) pour identifier des comportements similaires qui peuvent révéler différents niveaux de maturité numérique. La classification automatique peut être abordée par deux méthodes principales : supervisée et non supervisée.

La classification supervisée consiste à définir des règles a priori permettant d'affecter des objets à des classes données, selon les valeurs des variables qualitatives ou quantitatives caractérisant ces objets. Ce type de classification suppose donc de disposer de données étiquetées sur lesquelles l'analyse est conduite. Cette technique ne permet pas d'introduire, au cours de l'analyse, des données autres que celles identifiées au départ. Une autre

technique de classification supervisée est l'arbre de décision, mobilisé pour identifier les interactions entre des apprenants et enseignants dans un environnement d'apprentissage (Prieto *et al.*, 2016). Si cette technique contribue à identifier les interactions autour des activités d'apprentissage, son application à l'activité de l'enseignant reste limitée, car il est difficile de définir au préalable ses interventions.

La même approche de système de règles/arbre de décision a été utilisée pour classer les enseignants du premier degré de l'Académie de Paris à partir des usages (identifiés avec leurs traces d'activité) de leur ENT (7261 enseignants suivis sur l'année scolaire 2022-2023 (Michel *et al.*, 2024). Huit règles de classification ont permis de regrouper les enseignants en 3 groupes principaux et 8 sous-groupes selon leur niveau de maturité. La maturité a été caractérisée en fonction de la diversité des services utilisés au cours de l'année. Pour faciliter la lecture et l'analyse à grande échelle, les résultats sont présentés dans un tableau de bord. En effet, c'est le principal outil utilisé pour restituer l'activité de l'enseignant (Ifenthaler et Yau, 2022 ; Ndukwe, 2021). Sa conception est guidée par plusieurs principes pour faciliter la visualisation des indicateurs : possibilités de retour d'information, prise en compte des préférences de l'utilisateur et formes d'aide à la régulation (Luo, 2020). Le choix d'un mode de visualisation interactive peut faciliter son utilisation par les usagers finaux (Gril, 2023).

Dans le cas de l'Académie de Paris, le tableau de bord utilise la classification supervisée pour produire des groupes imbriqués (groupe, sous-groupe) (voir Figure 1). Le tableau de bord s'appuie sur un graphique de type *sunburst* (à gauche), qui organise les usages selon les groupes imbriqués, puis en domaines et activités. Sur la droite, des histogrammes montrent le nombre d'enseignants (en pourcentage) par domaine et par activité. Bien que ces graphes soient intrinsèquement plus complexes que les autres, leur nature interactive peut en faciliter la lecture : les utilisateurs peuvent zoomer sur la zone circulaire qui les intéresse, sélectionner des filtres, afficher des informations contextuelles et naviguer. Dans le cas de cette recherche, différents modes d'interaction sont utilisés pour favoriser la lecture et de la prise de décision (voir Figure 2). Une vignette flottante décrit chaque zone du *sunburst* lorsque l'on passe la souris dessus. Un clic sur une zone du *sunburst* permet de se concentrer sur les éléments qui la composent. Deux fonctions de filtrage permettent de sélectionner le niveau dans lequel évoluent les enseignants (primaire, secondaire) ou leur école. Un clic sur les activités présentées à droite permet de voir les autres groupes et sous-groupes qui réalisent cette activité.

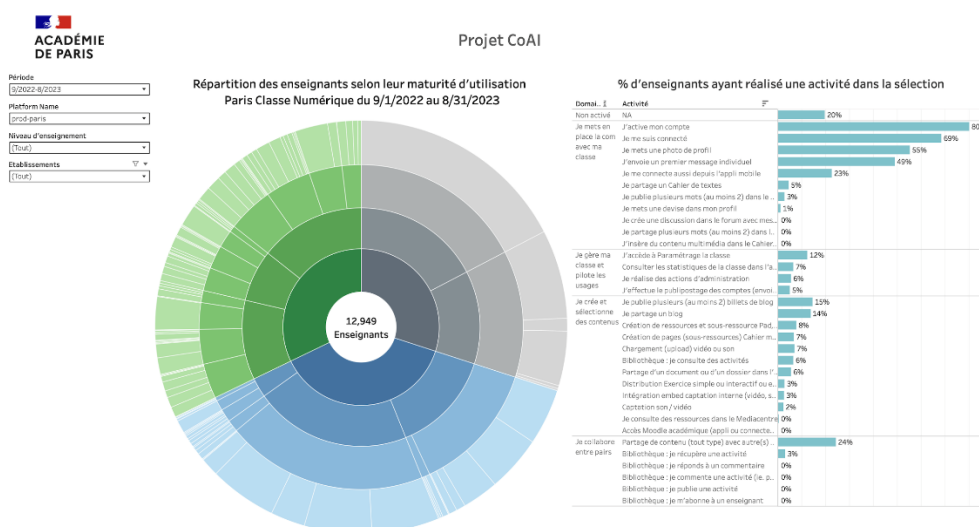


Figure 1 : Tableau de bord du projet CoAI

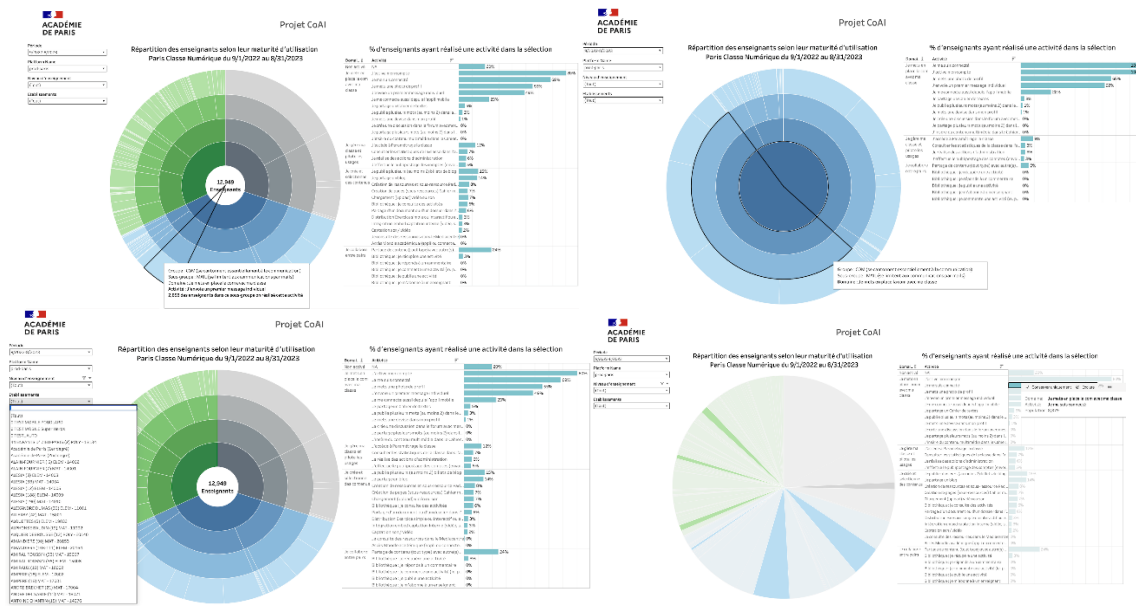


Figure 2 : Modes d'interaction : Survoler, Focaliser, Filtrer, Actions conjointes

La classification non supervisée (K-Means ou Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) par exemple) organise l'ensemble des observations de façon à regrouper les observations similaires et à séparer les observations dissimilaires de manière à avoir des catégories, classes, taxons, clusters homogènes. Par exemple, des comportements d'enseignants en termes d'utilisation de services de documentation ont été obtenus par la méthode des K-Means (Xu et Recker, 2012). L'étude a permis de distinguer trois clusters, en fonction de leurs usages des services de documentation. La technique des K-Means est répandue du fait de sa simplicité et sa rapidité d'application (Bharara *et al.*, 2018). Elle présente, pour les auteurs, la limite de devoir fixer au préalable un nombre de clusters attendus (K) dans le jeu de données et donc de ne pas pouvoir adapter le nombre de classes en fonction des résultats. La CAH en revanche regroupe progressivement les données dans une arborescence de clusters ou hiérarchie de regroupements (appelée dendrogramme), qui permet de choisir le nombre de classes utiles pour l'analyse, a posteriori, en fonction des critères de regroupement identifiés. Par exemple, à partir de traces d'activités d'utilisateurs sur un système de tutorat intelligent, une CAH a été lancée pour distinguer des groupes selon leurs usages du système (Pazmiño-Maji *et al.*, 2017). Avec le dendrogramme, la classification a pu être ajustée à quatre groupes représentatifs des variables les plus significatives de l'étude. La CAH peut ainsi fournir une information plus riche sur la structure de similarité des données et contribue à déterminer un nombre de clusters cohérent avec les regroupements observés. Toutefois, la CAH présente une complexité algorithmique plus élevée, ce qui la rend moins adaptée aux très grands jeux de données. Elle est donc souvent réservée à des échantillons de taille modérée.

Dans l'étude précédente sur les usages des enseignants du premier degré de l'Académie de Paris (Michel *et al.*, 2024), une expérimentation complémentaire a été réalisée pour tester d'une part la capacité de la classification non supervisée CAH à identifier les groupes d'enseignants à partir des données et pas de règles a priori, et d'autre part l'utilité d'une mesure complémentaire de l'intensité des usages pour que le calcul de la maturité soit plus complet. Ce choix se justifie par le fait que la littérature sur les pratiques enseignantes souligne une hétérogénéité forte, rendant pertinentes des analyses exploratoires capables d'identifier des profils d'usages. Les catégorisations obtenues par cette méthode n'ont pas

de visée normative ; elles visent à mieux comprendre les dynamiques en œuvre. Le tableau de bord a pu être mis en œuvre en utilisant la CAH sur les données d'intensité et diversité. La figure 3 présente les visualisations de ces deux résultats. Les groupes sont plus fins et les deux indicateurs, diversité et intensité, sont différents, mais cohérents, ce qui montre que ces deux axes d'observation sont utiles et complémentaires pour analyser la maturité. Mais à ce stade, il est difficile de définir comment les combiner.

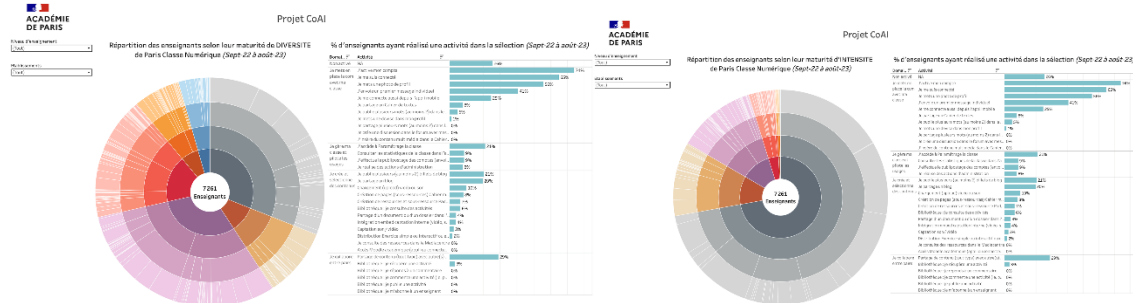


Figure 3 : Tableau de bord de la gestion de la maturité : diversité (gauche) et intensité (droite) de la population primaire (n=7261)

2.4 QUESTIONS DE RECHERCHE

Pour évaluer la maturité numérique des enseignants, une approche axée sur les données offre l'avantage d'une analyse précise, mais nécessite un travail préparatoire de vérification de la qualité des données, ainsi que de modélisation et de compréhension des données (Ndukwe, 2021). Le prétraitement des données consiste à s'assurer que les données disponibles permettent de répondre à l'objectif d'observation (Romero et Ventura, 2020). Pour passer de données brutes à des données porteuses de sens, cette étape implique la transformation des données dans une démarche de *feature engineering*. Les indicateurs qui en résultent et les visualisations doivent être clairs et explicites pour que les utilisateurs finaux puissent les comprendre tout en conservant une pertinence théorique (Gril, 2023 ; McCoy et Shih, 2016).

Cependant, la plupart des travaux qui traitent des TA se situent au niveau micro ou méso, c'est-à-dire dans un contexte précis, au niveau individuel ou d'une organisation. Peu de travaux passent à l'échelle et questionnent les traitements à opérer au niveau macro, c'est-à-dire pour analyser la maturité numérique d'un territoire ou la maturité numérique des enseignants d'un territoire.

De plus, si pour toutes ces techniques la question de la fiabilité de l'analyse se pose, elle s'exprime différemment à l'échelle macro. À ce sujet, des alertes ont pu être avancées sur la tension entre d'une part, une nécessaire standardisation des données et d'autre part, une complexité des situations éducatives observées (Collin, 2024). De plus, certains traitements sont réalisables au niveau micro et méso, comme les CAH, mais plus difficilement au niveau macro. En effet, des infrastructures plus puissantes doivent être utilisées et elles peuvent être difficilement accessibles dans certains secteurs professionnels, en particulier pour certains laboratoires de recherche. Une solution alternative consiste à opérer des traitements par partie et à agréger ensuite les résultats des calculs pour recomposer le corpus dans sa totalité, mais il est difficile de savoir si les résultats des classifications gardent la même cohérence quand ils sont opérés sur les parties de corpus. Par ailleurs, pour raisonner plus globalement, il est actuellement impossible de savoir quelles techniques sont les plus sobres numériquement et seront pérennes à plus long terme.

L'enjeu est donc non seulement de pouvoir définir des méthodes utilisables à grande échelle pour caractériser et visualiser les niveaux de maturité d'un territoire, d'un établissement ou d'un enseignant à partir de données, mais aussi de pouvoir en contrôler la validité, en particulier concernant leur capacité à bien représenter les facteurs contextuels, pour que les décideurs puissent faire les bons choix de traitement en fonction de leurs possibilités de gestion et de calculs sur les données.

Ainsi, notre question générale de recherche est : quelle méthode utiliser pour définir le niveau de maturité à grande échelle à partir des TA ? Plus spécifiquement : quelle méthode utiliser pour (QR1) structurer les données et (QR2) les visualiser à l'échelle d'un territoire, tout en préservant un niveau de précision suffisant pour rendre compte des variabilités possibles liées au contexte ? Dans le cas de cette étude, les éléments du contexte qui sont pris en compte sont : le niveau d'enseignement et l'académie d'exercice des enseignants. La maturité numérique des territoires ou des établissements est caractérisée à partir de la maturité numérique des enseignants.

3. PROCESSUS ADOPTE POUR L'EVALUATION DE LA MATURETE NUMERIQUE

3.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'étude vise plusieurs objectifs :

- évaluer la robustesse de notre méthode au regard des contraintes algorithmiques ; en contrôlant spécifiquement les éventuels effets de travailler à partir d'échantillons sur les résultats des classifications quand les calculs sur la population totale sont techniquement impossibles ;
- évaluer la précision/capacité de notre méthode (Michel *et al.*, 2024) pour représenter les différences potentielles liées au contexte exprimé selon le niveau d'enseignement (1^{er} degré/1D et 2^d degré/2D), l'académie (Paris, Bordeaux, Poitiers, Limoges) et la région (Île-de-France, Nouvelle-Aquitaine) ;
- proposer de nouvelles formes de visualisations plus précises pour analyser le contexte.

3.2 CONTEXTE ET CORPUS DE DONNEES DE TRAVAIL

Les sections suivantes présentent les étapes de l'évaluation, notamment l'acquisition de données à partir de l'ENT, la vérification de la qualité des données, ainsi que la modélisation et la compréhension des données (Ndukwe, 2021). Cette méthode a été réalisée dans le cadre des projets CoAI et Tea-TIME pour comprendre la complexité de la maturité numérique d'enseignants dans deux zones académiques.

La collecte principale des données est réalisée à partir des usages des ENT One et Neo. Les ENT sont fournis à tous les enseignants d'une académie, conformément aux directives du gouvernement français (Michel et Pierrot, 2023). L'ENT est utilisé quotidiennement par les enseignants, générant des journaux d'activité qui peuvent être analysés du point de vue

des TA (Ndukwe, 2021). Ces enseignants du primaire et du secondaire ont tous à leur disposition cette solution (One ou Neo), conformément au schéma directeur des ENT³.

Une collecte de données secondaire est réalisée à partir de deux sources complémentaires pour mieux caractériser le contexte des établissements : un jeu de données de la DEPP⁴ (Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance) accessible en *open data* et relatives à la description des établissements par région et académie, et les données commerciales de l'entreprise EDIFICE, relatives à la date du 1^{er} déploiement de l'ENT dans les établissements.

Le corpus de données est ainsi composé des niveaux de maturité de 38747 utilisateurs répartis dans deux régions, la Nouvelle-Aquitaine (25 839 utilisateurs) et l'Île-de-France (12 908 utilisateurs), et quatre académies : Bordeaux, Limoges, Poitiers et Paris. Le traitement qui avait été utilisé précédemment (Michel *et al.*, 2024), a été reproduit pour identifier les niveaux de maturité des enseignants à partir de leurs traces d'activité avec l'ENT. Les enseignants sont inscrits dans l'ENT à partir des informations transmises par les académies avant la rentrée. Les données étant pseudonymisées, nous ne disposons que de deux informations à propos des enseignants : le niveau dans lequel ils enseignent (primaire « 1D » ou secondaire « 2D ») et le nom de l'établissement d'affectation. Certains cas (nomination ou mutation des enseignants, par exemple) nécessitent une inscription manuelle à partir des informations de l'académie ou des établissements ; ces ajouts ne comportent pas toujours d'information sur le niveau et l'établissement d'affectation. De plus, des utilisateurs non enseignants, mais parties prenantes dans le champ de l'éducation (INSPE, Réseau Canopé, personnels administratifs ou de direction de la région ou de l'académie...), sont aussi inscrits comme utilisateurs de l'ENT. Ainsi, le corpus de données comporte des valeurs non renseignées ou n'ayant pas de correspondance avec les fichiers de la DEPP. Enfin, les écoles de Nouvelle-Aquitaine qui choisissent d'utiliser l'ENT One le font directement, et ne renseignent, de la même manière, pas complètement les données liées aux enseignants.

De manière à travailler sur des données consolidées, nous avons uniquement gardé les données relatives aux enseignants, c'est-à-dire pour lesquelles nous disposons de l'information du niveau d'enseignement et de l'établissement d'affectation, soit 36 997 personnes (voir Tableau 1).

Tableau 1 : Description du corpus de données

Région	Académie	Niveaux		Total
		1D	2D	
Nouvelle-Aquitaine	Bordeaux		14 644	14 644
	Limoges		3 374	3 374
	Poitiers		7 082	7 082
Île-de-France	Paris	8 255	3 642	1 1897
Total		8 255	28 742	36 997

³<https://eduscol.education.fr/1559/schema-directeur-des-ent-sdet-version-en-vigueur>

⁴<https://www.education.gouv.fr/direction-de-l-evaluation-de-la-prospective-et-de-la-performance-depp-12389>

3.3 TRAITEMENT ET STRUCTURATION DES DONNEES POUR L'ANALYSE

Le corpus de données initial correspond à l'activité des utilisateurs sur 55 services disponibles sur les ENT One et Neo. Ces données, collectées grâce à des capteurs, sont consignées dans un journal d'activité. Chaque tâche réalisée par un utilisateur incrémente un compteur dans le fichier journal mentionnant combien de fois l'action a été réalisée sur la période de l'année scolaire 2022-2023. Ce compteur permet de mesurer et représenter l'intensité d'utilisation des services. Par exemple, la tâche de *partage d'une ressource dans l'espace documentaire* est quantifiée entre 0 et 612 occurrences en Nouvelle-Aquitaine. Des données binaires ont été dérivées de ce fichier journal pour indiquer si une action a été réalisée au moins une fois sur la période. Ce compteur binaire représente le potentiel d'un utilisateur à découvrir les services de l'ENT et donc la diversité de son activité. Il a l'avantage de ne pas sous-évaluer des usages rares, comme le fait de *mettre à jour sa photo de profil*, par nature moins fréquent que l'action de *se connecter*.

Le choix des capteurs, et donc de la collecte de trace d'activité, a été guidé par le référentiel de compétences numériques en éducation DigCompEdu (Redecker, 2017). Ce choix est justifié par le fait qu'il est adapté au contexte français, car conçu par la Commission européenne⁵. Il a d'ailleurs déjà été choisi par le ministère de l'Éducation nationale pour évaluer les compétences numériques des enseignants, au travers du programme Pix+Edu. À moyen terme, nos résultats pourront être comparés, ou compléter les résultats produits dans le cadre de Pix+Edu. Pour cette étude, seul le domaine D1 (engagement professionnel) du DigCompEdu a été modélisé pour représenter la maturité numérique. Cela s'explique par sa correspondance avec les activités tracées. Les domaines D3 (enseignement et apprentissage) et D4 (évaluation) par exemple sont plus directement liés à la pédagogie et plus complexes à modéliser à partir des traces d'activité, car les usages numériques des enseignants se font sur des plateformes externes à l'environnement scolaire et en dehors de la classe (OCDE, 2019). Le domaine D1 se décline en 4 objectifs pour les enseignants : la communication organisationnelle (1.1), la collaboration professionnelle (1.2), les pratiques réflexives (1.3) et le développement professionnel continu numérique (1.4).

Afin d'illustrer la mise en œuvre de ces objectifs dans une activité professionnelle réelle, cinq cas d'utilisation ou domaine d'usage ont été définis pour représenter la maturité numérique en termes d'engagement professionnel : (1) se connecter, (2) établir la communication avec la classe, (3) créer et sélectionner des contenus, (4) gérer la classe et suivre les usages, et (5) collaborer avec les pairs. Le choix des cas d'usage a été réalisé en collaboration avec : les responsables du service du développement numérique de l'académie de Paris (pour garantir qu'ils sont cohérents vis-à-vis de leurs retours d'expérience de terrain) et l'équipe de gestion des données de l'entreprise (pour évaluer les possibilités de collecte des données d'activité liées). Les capteurs ont été associés aux dimensions du référentiel D1 et aux cinq cas d'usage. Par exemple, la tâche « partage de ressource dans l'espace documentaire » a été associée à la collaboration professionnelle (D1.2) et à la création et sélection de contenu (cas d'usage 3). Les données liées à des capteurs non assez fiables pour représenter les activités ciblées dans le domaine D1 ont été supprimées, ce qui a permis de réduire les 55 variables à 33 pertinentes (voir Tableau 2).

Les variables ont ensuite été regroupées selon les 5 domaines d'usage en réalisant une somme, ce qui permet d'avoir deux fichiers de données plus synthétiques : *DomaineDiv* et *DomaineInt*. Chaque enseignant est donc caractérisé par 14 variables :

⁵ https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en

- 4 variables de contexte : *Niveau, Établissement, Académie, Région* ;
- 5 variables de diversité d'usage (D, calculées à partir des valeurs binaires de connexions) : *D-Connexion, D-comm-classe, D-crédation&sélection, D-collaboration, D-gestion* ;
- 5 variables d'intensité d'usage (I, calculées à partir du volume des connexions) : *I-Connexion, I-comm-classe, I-crédation&sélection, I-collaboration, I-gestion*.

Tableau 2 : Variables dérivées des journaux d'activité

Domaine	Activité	Mesure de diversité	Mesure d'intensité
Connexion	0 - Je me suis connecté (au moins une fois) 8 - Je me connecte aussi depuis l'appli mobile	DomaineDiv : 0/1 par variable selon que l'action a été réalisée au moins une fois sur la période	DomaineInt : Nombres d'actions réalisées par variable sur la période
Communication avec la classe	1 - J'active mon compte 4 - Je mets une photo de profil 2 - J'envoie un premier message individuel 10 - Je partage un Cahier de textes 50 - Je publie plusieurs mots (au moins 2) dans le Carnet de liaison 5 - Je mets une devise dans mon profil 65 - Je crée une discussion dans le forum avec mes élèves 11 - Je partage plusieurs mots (au moins 2) dans le Carnet de liaison 51 - J'insère du contenu multimédia dans le Cahier de textes		
Crédation, sélection ou publication de ressources pour la classe	64 - Je publie plusieurs (au moins 2) billets de blog 9 - Je partage un blog 40 - Création de ressources et sous-ressources Pad, frise, Mur, wiki, Carte mentale, Pages 35 - Création de pages (sous-ressources) Cahier multimédia 38 - Chargement (upload) vidéo ou son 14 - Bibliothèque : je consulte des activités 48 - Partage d'un document ou d'un dossier dans l'Espace documentaire 36 - Distribution Exercice simple ou interactif ou entraînement 26 - Intégration embed captation interne (vidéo, son) 39 - Captation son / vidéo 28 - Je consulte des ressources dans le Mediacentre 63 - Accès Moodle académique (appli ou connecteur Moodle)		
Collaboration entre enseignants	17 - Partage de contenu (tout type) avec autre(s) enseignant(s) 15 - Bibliothèque : je récupère une activité 22 - Bibliothèque : je réponds à un commentaire 16 - Bibliothèque : je commente une activité 19 - Bibliothèque : je publie une activité 21 - Bibliothèque : je m'abonne à un enseignant		
Gestion de la classe dans l'ENT	66 - J'accède à Paramétrage la classe 24 - Consulter les statistiques de la classe dans l'appli Statistiques 67 - Je réalise des actions d'administration 68 - J'effectue le publipostage des comptes (envoi mail/édition des fiches) depuis Paramétrage de la classe		
Non utilisé	3 - Je renseigne mon mail ou je vérifie qu'il est renseigné 6 - J'envoie un premier message à un groupe (Pas forcément à un groupe) 52 - Utiliser le linker (avec lien interne) (seulement actus, blogs et formulaires) 60 - Partage de contenu en contribution élèves		

3.4 IDENTIFICATION DES NIVEAUX DE MATURITE

La méthode expérimentée sur la population PCN-1D (Michel *et al.*, 2024) a été adaptée pour calculer les niveaux de maturité des enseignants à partir des données *DomaineDiv* (diversité des usages), et des données *DomaineInt* (intensité des usages).

Les enseignants non utilisateurs ont été regroupés dans une classe C10. Pour chaque segment, deux classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) ont été réalisées : la première en considérant les 5 variables d'intensité d'usage, et l'autre en considérant les 5 autres de diversité. Cette approche, également connue sous le nom de *clustering* agglomératif, regroupe les individus les plus proches, ici selon leurs comportements d'usage, en utilisant une métrique euclidienne pour calculer les distances entre individus. La méthode de Ward a été appliquée pour garantir l'homogénéité des classes obtenues à chaque étape du regroupement et identifier le nombre optimal de classes automatiquement en fonction de l'inertie. Chaque CAH produit un dendrogramme (voir Figure 4). Il permet de visualiser la

structure des regroupements et le niveau de troncature appliqué. À titre d'exemple, la figure 4 présente les dendrogrammes présentant les classes identifiées pour les données d'intensité (à gauche) et de diversité (à droite) pour l'Académie de Paris. Les numéros des classes ne portent pas d'information liée au niveau de maturité. Comme nous le verrons par la suite, l'interprétation des caractéristiques des classes se fait manuellement. Néanmoins, la structure du dendrogramme, qui montre les différences entre les classes, est interprétable. On peut voir qu'en termes de diversité, les enseignants suivent deux grandes catégories de comportements distincts (C1-C3-C4 et C2-C6-C5), alors qu'en intensité deux classes sont à part et ont des caractéristiques similaires (C3-C1) tandis que les autres sont emboîtées (C4-C2-C6-C5). Dans chaque cas, intensité et diversité, 6 classes homogènes ont été retenues permettant, avec C10, de construire 7 classes au total. Le choix de 6 classes a été fait après avoir constaté que c'était le nombre optimal de classes selon la méthode de Ward dans la plupart des cas.

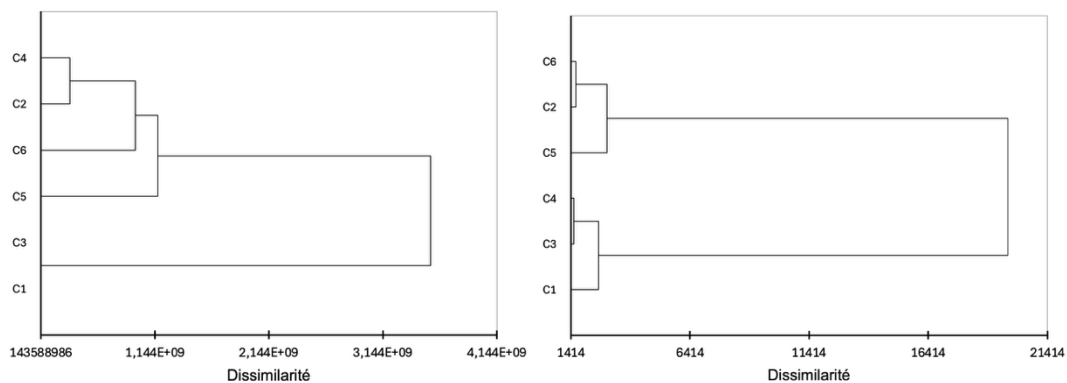


Figure 4 : Dendrogrammes produits lors des CAH : à gauche CAH-intensité, à droite CAH-diversité

La CAH n'ordonne pas les classes selon leur niveau de maturité. Cet ordonnancement a été réalisé en utilisant une moyenne pondérée qui affecte un poids différent aux grands domaines d'usage (connexion, collaboration, gestion...) en fonction des comportements observés dans le segment. En effet, de nombreuses études ont montré que les enseignants ont plus de facilité à développer certains usages, comme la communication, et plus de difficulté à en développer d'autres comme la collaboration ou la gestion instrumentée de la classe (Backfisch *et al.*, 2021 ; Michel et Pierrot, 2023). Le fait de mettre un poids plus fort sur les domaines d'usage complexes permet de mieux ordonner les niveaux de maturité en intensifiant les valeurs des mesures plus marginales, car de niches ou d'innovation potentielle. Notre hypothèse est que les classes de bas niveau, avec un niveau de maturité moins développé, sont caractérisées par les usages les plus usuels ou simples, les classes de haut niveau, les plus matures, sont caractérisées par les usages les plus élaborés ou originaux (jugés de haut niveau en termes de maturité, car plus complexes à réaliser). Ce processus a permis de qualifier les classes selon le niveau de maturité M0 à M6, pour chaque CAH.

Le niveau de *maturité globale* a été calculé à partir du produit de la maturité en termes d'intensité et celle en termes de diversité. Il est aussi possible de réaliser un calcul de maturité à partir de la somme, mais le produit permet d'amplifier les effets de l'intensité ou de la diversité et distingue ainsi mieux les enseignants. Les enseignants se répartissent ainsi selon 81 niveaux de maturité.

3.5 SEGMENTATION DU CORPUS

Le corpus a été restructuré pour segmenter la population en 8 échantillons/groupes d'enseignants (voir Tableau 3) qui correspondent aux caractéristiques du contexte qui nous intéresse : le niveau d'enseignement (1^{er} degré/1D et 2^d degré/2D), l'académie (Paris, Bordeaux, Poitiers, Limoges) et la région (Île-de-France, Nouvelle-Aquitaine). La méthode de mesure a été réalisée sur les 8 segments. Cela a permis de produire 16 mesures de maturité numérique : 8 en termes d'intensité et 8 en termes de diversité.

Tableau 3 : Caractéristiques de composition des 8 segments (2D-BDX, 2D-LMG, 2D-POI, 1D-PCN, 2D-PCN, 2D-NA, 1D2D-PCN, 2D-NA+PCN)

Région	Académie	Niveaux		Total
		1D	2D	
Nouvelle-Aquitaine	Bordeaux		2D-BDX	2D-NA
	Limoges		2D-LMG	
	Poitiers		2D-POI	
Île-de-France	Paris	1D-PCN	2D-PCN	1D2D-PCN
Total			2D-NA+PCN	

4. ÉVALUATION DE LA METHODE DE MESURE DE LA MATURITE : ANALYSE DE LA FIABILITE DES CLASSIFICATIONS

Notre première question de recherche est de savoir si la CAH est dépendante de la forme des segments d'analyse lorsqu'ils sont réalisés en fonction du contexte de l'étude, en d'autres termes, dans quelle mesure il est comparable, pour faire les classifications, de travailler en une fois sur le corpus total de données, ou bien en plusieurs fois sur des segments de corpus caractérisés selon les facteurs contextuels (niveau d'enseignement et académie). Nous avons calculé le coefficient ω de McDonald pour évaluer la fiabilité (ou fidélité) de ces deux modes de calcul de la maturité numérique. Ce coefficient mesure la proportion selon laquelle des différences observées dans un corpus de données reflètent une variance réelle et commune aux variables étudiées. Ce calcul permet donc d'indiquer à quel point l'ensemble des variables évalue un même construit de manière fiable, dès lors que le coefficient dépasse une valeur seuil de 0,7.

Le Tableau 4 présente les comparaisons effectuées. La ligne A1 (resp. A2) compare les résultats des calculs de la maturité des enseignants du second degré en termes d'intensité (resp. de diversité) selon qu'ils sont faits de manière segmentée par type d'académie (2D-BDX, 2D-LMG, 2D-POI, 2D-PCN) puis agrégés (2D.Ag(4A)), ou en une fois (2D.NA+PCN). La ligne A3 (resp. A4) compare les résultats des calculs de la maturité des enseignants de l'académie de Paris (PCN) en termes d'intensité (resp. de diversité) selon qu'ils sont faits de manière segmentée par niveau d'enseignement (1D-PCN, 2D-PCN) puis agrégés (PCN.Ag(1D+2D)), ou en une fois (1D2D.PCN). La ligne A5 (resp. A6) compare les résultats des calculs de la maturité en termes d'intensité (resp. de diversité) pour un segment lorsque l'analyse est réalisée à partir de deux extractions différentes. Ici, les résultats pour les enseignants du second degré de l'Académie de Paris (2D-PCN) sont comparés selon que les calculs ont été réalisés sur deux sous-corpus construits

différemment : les enseignants de l'Académie de Paris (1D2D-PCN) et les enseignants du second degré toutes régions confondues (2D-NA+PCN).

Pour chaque comparaison, les analyses se font sur le même nombre d'observations. Le but de ces comparaisons est de vérifier si les classifications d'un segment restent cohérentes lorsque l'on segmente ou regroupe les données différemment. Les valeurs de l'Alpha de Cronbach pour chaque comparaison entre deux classifications, présentées dans le tableau 4, nous permettent d'évaluer cette fidélité.

Tableau 4 : Comparaison des classifications selon l'homogénéité des facteurs contextuels, niveau d'enseignement et académie dans les corpus utilisés

A	Nb Obs	Classification 1	Classification 2	ω de McDonald
A1	28742	2D.NA+PCN-Int	2D.Ag(4A)-Int	0,877
A2	28742	2D.NA+PCN-Div	2D.Ag(4A)-Div	0,964
A3	11897	1D2D.PCN-Int	PCN.Ag(1D+2D)-Int	0,975
A4	11897	1D2D.PCN -Div	PCN.Ag(1D+2D)-Div	0,872
A5	3642	2D.Ex(1D2D-PCN)-Int	2D.Ex(2D-NA+PCN)-Int	0,937
A6	3642	2D. Ex(1D2D-PCN)-Div	2D.Ex(2D-NA+PCN)-Div	0,677

Les comparaisons A1, A2, A3, A4 ont toutes des coefficients ω de McDonald supérieurs à 0,7, ce qui suggère que les différentes segmentations aboutissent à des structures de maturité numérique comparables entre elles. Ainsi, lorsque le contexte « niveau » (respectivement « académie ») est le même pour caractériser les enseignants, il est équivalent de travailler sur des classifications des niveaux de maturité en globalité ou par parties découpées selon les académies (respectivement les niveaux). En revanche, si on observe les résultats de A6, on peut constater une baisse du coefficient de McDonald ($\omega = 0,677$). Cette baisse suggère que la fidélité des classifications diminue quand le découpage des données s'appuie sur des structurations des données différentes : selon le niveau (toutes académies confondues) ou selon l'académie (tous niveaux confondus). Cette observation ne vaut pas pour la maturité en termes d'intensité (A5).

En considérant que les comparaisons A1 à A4 génèrent peu d'erreurs, si le volume de données est trop conséquent pour réaliser une analyse globale en une fois, il est possible de travailler sur des segments du corpus et d'agréger les résultats, sous réserve de ne segmenter que sur un critère de contexte (niveau d'enseignement ou académie).

5. VISUALISATIONS A GRANDE ECHELLE DE LA MATURITE NUMERIQUE DES ENSEIGNANTS

Les visualisations sous la forme de *sunburst* présentées dans les figures 2 et 3 permettent d'avoir deux vues structurées de la répartition de la maturité en intensité et en diversité sur de larges populations. Cette représentation présente deux limites : (1) la maturité globale, qui combine diversité et intensité, n'est pas prise en compte, (2) le système de filtrage, qui permet d'analyser plus en détail un contexte, ne permet pas de comparer deux contextes ou plus. Nous proposons de travailler sur des visualisations de la maturité des enseignants sous la forme d'un nuage de points, chaque point représentant un enseignant.

5.1 VISUALISATION COMBINEE

La première visualisation sur laquelle nous avons travaillé (voir Figure 5) consiste à organiser les enseignants dans un nuage de points portant, sur l'axe des x, la maturité en termes de diversité, et sur celui des y, celle en termes d'intensité. Pour pallier l'inconvénient de la superposition des points qui ne permet pas de voir le nombre d'enseignants concernés par un niveau de maturité, des histogrammes de fréquence ont été ajoutés en x et en y. Les histogrammes permettent bien d'analyser la volumétrie des niveaux, mais la visualisation manque de perspective, les points se superposent, ce qui ne permet pas de comparer les différents segments.

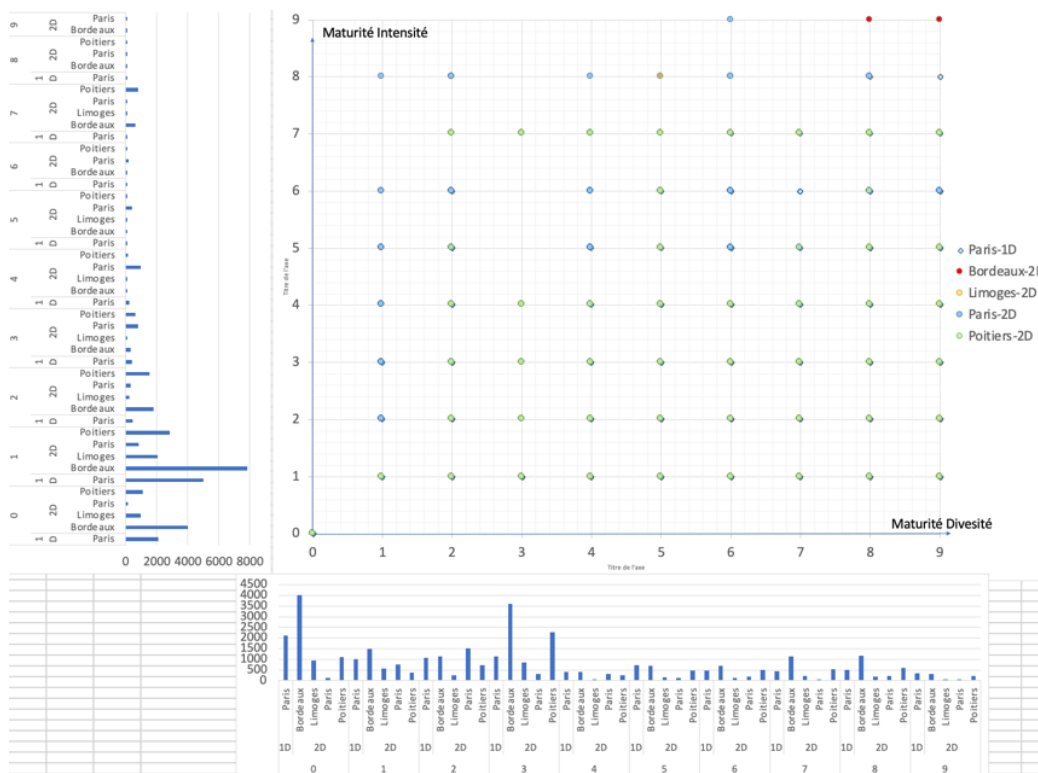


Figure 5 : Visualisation combinée des niveaux de maturité en intensité et diversité par nuage de points et nombre d'enseignants pour chaque segment

5.2 VISUALISATION SELON LA PERSPECTIVE DE L'ACP

L'ACP (Analyse en composante principale) est particulièrement utile pour l'analyse de corpus de données comme le nôtre. Elle permet en effet d'explorer la structure des données à grande échelle et de détecter les corrélations et redondances entre les variables, ce qui permet dans notre cas d'identifier les variables les plus informatives de notre corpus de données. Parallèlement, elle permet la visualisation de l'ensemble des observations (i.e. les enseignants) sous la forme d'un nuage de points, selon les deux dimensions les plus appropriées pour identifier les structures latentes (profils, comportements, tendances, etc.). Ce type de visualisation est particulièrement utile pour faire des analyses comparées de données à grande échelle. Plus précisément, nous avons réalisé des ACP sur les variables *DomaineDiv*, *DomaineInt* et *Maturité globale*, de manière à identifier d'une part les variables qui expliquent le mieux la maturité globale en fonction de la variété des comportements d'usage des enseignants, et d'autre part produire des visualisations de

synthèse de la maturité des enseignants permettant d'observer les tendances générales de maturité des enseignants et de faciliter les comparaisons entre les segments du corpus. Les variables ont été centrées réduites pour limiter les effets de différences d'échelle (en particulier entre les données d'intensité et de diversité). L'identification des axes factoriels étant directement réalisée à partir des composantes principales, ils sont orthogonaux par construction et aucune rotation n'a été effectuée.

5.2.1 Interprétation des axes factoriels

Le tableau de décomposition de la variance (voir Tableau 5) permet de voir que la moitié de l'information (51,39 %) est expliquée par les deux premiers axes factoriels (F1 et F2). Pour expliquer 70 % de l'information, seuil généralement considéré en SHS comme porteur de sens, il est nécessaire de considérer 4 axes (F1 à F4). Ce résultat montre qu'une tendance générale est interprétable avec une visualisation en 2 dimensions, mais que les résultats seraient plus complets en considérant une visualisation en 3 dimensions ou des visualisations complémentaires intégrant aussi F4. Néanmoins, plus le nombre de dimensions augmente, plus l'information portée par les axes ajoutés est faible. En effet, l'axe F1 explique 33,87 % de l'information, l'axe F2 en explique 17,52 %, F3, 11,66 % et F4, 9,28 %.

Le tableau des cosinus carrés et des contributions (voir Tableau 6) permet de voir les variables qui contribuent le plus à la constitution des axes factoriels. Les usages les plus représentés et qui expliquent 60 % de la maturité ($\cos^2=0,594$) sont identifiables sur F1. Avec des contributions entre 12 et 16 %, ils correspondent principalement à la *découverte* de certains services : les services de *connexion* ($\cos^2=0,547$), de *création et sélection de ressources* ($\cos^2=0,605$), de *collaboration* ($\cos^2=0,533$) et de *communication avec la classe* ($\cos^2=0,447$). On peut donc dire que la maturité numérique se caractérise principalement en fonction du nombre de services de l'ENT découverts par l'utilisateur. Les valeurs de corrélation positive présentées dans le tableau 7 permettent de voir que plus ils découvrent des services et plus ils montent en maturité. C'est la dynamique la plus commune des utilisateurs. La montée en maturité numérique se fait ensuite par l'intensification des usages des services découverts : la *connexion* et la *communication avec la classe* (F1), la *création et sélection de ressources* et la *collaboration* (F2). La montée en maturité numérique se poursuit ensuite par la découverte et l'intensification des usages de *gestion de la classe* (respectivement représentés par F3 et F4). Il est intéressant de noter que l'intensification des *connexions* et de la *communication avec la classe* jouent un rôle particulier. En effet, 40% de la variance de I-Connexion est expliqué par F1 ($\cos^2=0,400$), mais cet usage contribue aussi principalement à F3 (Contrib=24,344 %). L'analyse des corrélations (voir Tableau 7) permet de voir que I-Connexion est corrélée positivement avec F1 (0,602) et négativement avec F3 (-0,559). L'intensification des connexions joue donc un rôle positif dans la montée en maturité numérique du plus grand nombre d'enseignants (car porté sur F1), mais un rôle négatif dans la poursuite de la montée en maturité liée à l'intensité d'usage des autres services (corrélation négative sur F2 et F3). I-comm-classe joue un rôle équivalent, mais plus faiblement ($\cos^2=0,225$, Contrib=20,551, Corr=-0,514).

Sur la base de ces éléments, il est possible de considérer que la découverte des services est le premier moyen de montée en maturité numérique suivi par l'intensification des usages avec ces services. Les premiers services découverts et utilisés de manière intense sont la *connexion* et la *communication*. Les services qui permettent ensuite de monter en maturité numérique sont ceux de *création et sélection de ressources* et la *collaboration*, et enfin les derniers sont ceux de *gestion*. Cependant, la montée en maturité numérique ne se fait pas de manière aussi linéaire et on peut dire qu'il existe deux stratégies chez les enseignants. Ils

commencent par explorer les services et certains choisissent d'intensifier uniquement leurs usages de connexion et communication avec la classe et n'évoluent pas dans leur montée en maturité numérique (identifiable par la corrélation négative sur F3). À l'inverse, une autre partie de la population poursuit sa montée en maturité numérique par l'intensification des usages de création et sélection de ressources et de collaboration, puis des usages de gestion de la classe.

À titre d'information, et pour contrôler l'interprétation des visualisations présentées dans la section suivante, nous avons réalisé les mêmes ACP sur chaque segment (voir Tableau 8). Ces résultats permettent de voir que les valeurs de distribution de l'information sur F1 sont sensiblement les mêmes (entre 32 et 37 %) pour tous les segments du second degré, mais que cette valeur est plus élevée pour Paris1D (48 %) indiquant qu'il y a plus de variété dans les profils de maturité sur ce segment. Le fait que le modèle de maturité soit principalement représenté par les variables de découverte portées sur F1 est respecté pour tous les segments. De la même manière, les usages de gestion sont toujours les moins représentés. On observe des variations concernant l'importance des usages de communication avec la classe, création et sélection et collaboration, en particulier lorsqu'on compare les résultats des enseignants du 1^{er} et second degré, ce qui nous laisse penser que ces différences sont probablement liées à des effets de contexte professionnel. Une étude complémentaire sera réalisée pour mieux comprendre ces variations, néanmoins, dans le cadre de cette étude, ces analyses seront utilisées pour vérifier si les visualisations présentées dans la section suivante sont assez précises pour identifier des différences selon les segments.

Tableau 5 : Décomposition de la variance : valeur propre et pourcentage d'information porté par chaque axe factoriel

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Valeur propre	3,72	1,92	1,28	1,02	0,89	0,71	0,55	0,33	0,29	0,22	0,04
Variabilité (%)	33,87	17,52	11,66	9,28	8,09	6,49	5,01	3,01	2,64	2,03	0,36
% cumulé	33,87	51,39	63,05	72,34	80,43	86,9	91,94	94,95	97,60	99,63	100

Tableau 6 : Cosinus carré et contribution (en %) des variables selon les axes factoriels

	Cosinus carré				Contribution (en %)			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
I-Connexion	0,400	0,010	0,312	0,033	10,734	0,541	24,344	3,252
I-comm-classe	0,225	0,011	0,264	0,145	6,042	0,573	20,551	14,212
I-creation&selection	0,053	0,925	0,000	0,001	1,425	47,977	0,031	0,055
I-collaboration	0,024	0,946	0,002	0,003	0,632	49,078	0,155	0,292
I-gestion	0,043	0,001	0,182	0,599	1,145	0,070	14,189	58,622
D-Connexion	0,547	0,012	0,010	0,009	14,685	0,630	0,790	0,874
D-comm-classe	0,447	0,015	0,004	0,000	12,009	0,804	0,306	0,006
D-creation&selection	0,605	0,000	0,104	0,073	16,250	0,021	8,073	7,164
D-collaboration	0,533	0,001	0,092	0,093	14,315	0,061	7,187	9,057
D-gestion	0,254	0,005	0,293	0,053	6,812	0,236	22,841	5,184
Maturité globale	0,594	0,000	0,020	0,013	15,952	0,007	1,534	1,282

Tableau 7 : Corrélations entre les variables et les facteurs

	F1	F2	F3	F4
I-Connexion	0,632	-0,102	-0,559	0,182
I-comm-classe	0,474	-0,105	-0,514	0,381
I-creation&selection	0,230	0,962	-0,020	0,024
I-collaboration	0,153	0,973	-0,045	0,055
I-gestion	0,207	-0,037	0,427	0,774
D-Connexion	0,740	-0,110	-0,101	-0,094
D-comm-classe	0,669	-0,124	-0,063	0,008
D-creation&selection	0,778	-0,020	0,322	-0,270
D-collaboration	0,730	-0,034	0,304	-0,304
D-gestion	0,504	-0,067	0,541	0,230
Maturité globale	0,771	-0,012	-0,140	-0,114

Tableau 8 : Résultats de synthèse des ACP réalisées sur chaque segment

	Bordeaux2D				Limoges2D				Poitiers2D				Paris2D				Paris1D			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
% cumulé	34,29	51,26	65,33	76,66	37,12	51,19	62,03	72,08	32,39	47,99	59,38	69,21	34,45	52,58	64,71	74,68	48,25	58,71	68,58	77,48
I-Connexion	0,30	0,00	0,01	0,12	0,35	0,00	0,04	0,41	0,31	0,00	0,04	0,09	0,54	0,01	0,17	0,00	0,58	0,26	0,01	0,03
I-comm-classe	0,49	0,27	0,09	0,12	0,42	0,36	0,01	0,09	0,32	0,34	0,13	0,03	0,44	0,01	0,07	0,00	0,35	0,39	0,01	0,06
I-creation&selection	0,13	0,56	0,18	0,04	0,29	0,13	0,01	0,03	0,19	0,37	0,22	0,01	0,01	0,98	0,00	0,00	0,43	0,06	0,22	0,01
I-collaboration	0,05	0,54	0,26	0,06	0,29	0,10	0,01	0,25	0,09	0,36	0,36	0,01	0,01	0,98	0,00	0,00	0,31	0,06	0,28	0,00
I-gestion	0,05	0,04	0,41	0,27	0,01	0,03	0,68	0,02	0,00	0,00	0,06	0,60	0,05	0,00	0,11	0,58	0,10	0,08	0,01	0,71
D-Connexion	0,62	0,06	0,01	0,00	0,51	0,10	0,00	0,04	0,52	0,11	0,00	0,00	0,34	0,00	0,25	0,04	0,49	0,01	0,29	0,01
D-comm-classe	0,49	0,27	0,09	0,12	0,34	0,54	0,02	0,01	0,39	0,35	0,11	0,02	0,26	0,00	0,20	0,03	0,50	0,01	0,25	0,01
D-creation&selection	0,54	0,04	0,05	0,10	0,62	0,09	0,00	0,04	0,57	0,09	0,08	0,01	0,60	0,00	0,17	0,08	0,68	0,10	0,01	0,00
D-collaboration	0,41	0,03	0,05	0,15	0,50	0,09	0,03	0,03	0,45	0,06	0,10	0,01	0,52	0,00	0,14	0,10	0,61	0,11	0,00	0,00
D-gestion	0,11	0,05	0,41	0,19	0,15	0,09	0,37	0,01	0,11	0,02	0,10	0,27	0,18	0,00	0,18	0,22	0,44	0,01	0,02	0,15
NA-mat-produit	0,59	0,02	0,00	0,08	0,60	0,01	0,02	0,19	0,60	0,01	0,04	0,02	0,84	0,00	0,03	0,02	0,82	0,05	0,00	0,00

5.2.2 Visualisation globale en deux dimensions

La figure 6 présente la visualisation du nuage de points représentant les enseignants en fonction de leur maturité numérique dans le repère de l'ACP et selon chaque segment (représenté par une couleur différente). La vue de gauche présente tous les enseignants alors que la figure de droite présente un zoom sur la zone centrale du nuage de point. Les représentations des variables actives ont été ajoutées à cette figure pour en faciliter la compréhension. La direction de l'axe indique comment la variable se projette dans l'espace factoriel, la longueur du segment reflète la qualité de représentation de la variable sur le plan F1.F2 (plus elle est longue, plus la variable est bien représentée, ce qui explique que les variables contribuant à F3 soient plus courtes, car en projection).

connectent, découvrent les services de communication avec la classe, mais ne les utilisent pas ou peu. Ces deux zones sont très denses avec respectivement 8722 et 10177 enseignants (voir figure 8). La zone **B** est elle aussi dense avec 8774 enseignants. Elle correspond à des enseignants qui ont choisi quelques services préférés et commencent à intensifier leurs usages. L'épaississement vers le haut correspond à l'intensification des services de connexion et de communication avec la classe (portés sur F3) qui apparaît en perspective. La zone **B+** ajoute à cette base 917 enseignants qui ont les usages les plus intenses sur ces deux services.

Les zones **C** et **C+** poursuivent cette dynamique, mais avec une densité qui diminue (5525 enseignants au total). Elles représentent des enseignants qui commencent à avoir un bon niveau de maturité. Ils utilisent plus de services et en particulier de plus en plus régulièrement les services de création de ressources ou de collaboration avec leurs pairs.

Les zones **D-D+** et **E-E+** sont encore moins denses (avec respectivement 1969 et 911 enseignants) et correspondent à des enseignants de niveau de maturité élevé et très élevé ; c'est-à-dire qui ont des usages fréquents et variés. La dispersion observable sur les zones E et E+ correspond à la découverte et aux usages des services de gestion de la classe (portée sur F3 et F4) et qui apparaissent en perspective.

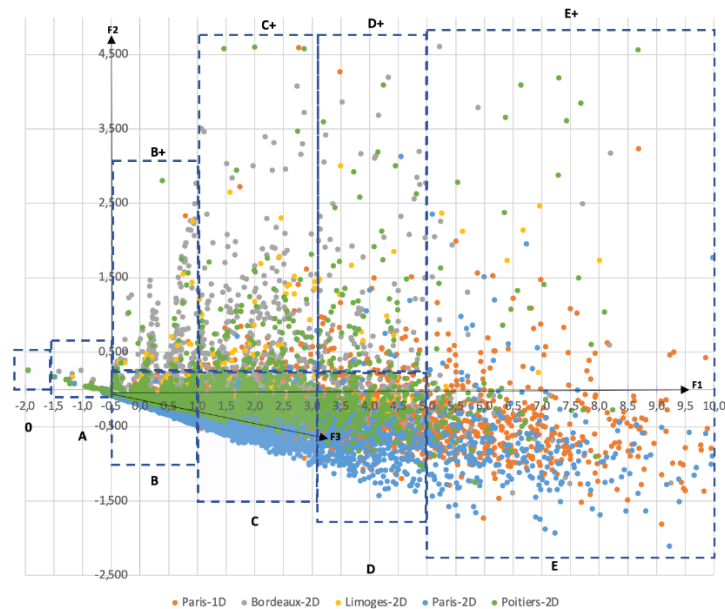


Figure 7 : Identification des groupes d'enseignants selon leurs niveaux de maturité

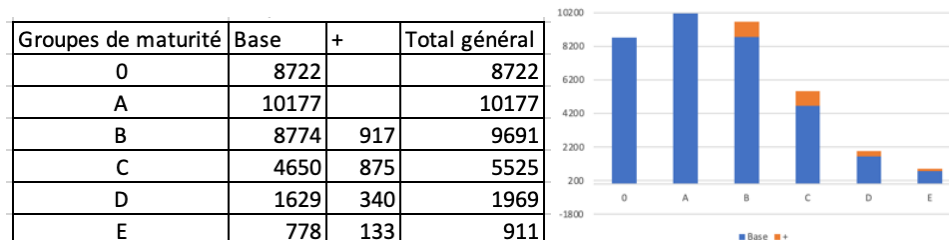


Figure 8 : Effectifs des groupes de maturité (valeur et graphique)

5.2.4 Comparaison des dynamiques de maturité en fonction des segments

En utilisant une fonction de filtre, il est possible :

- d'analyser spécifiquement un segment de contexte (voir Figure 9) ;
- ou de comparer les enseignants en fonction du contexte : les enseignants du 1^{er} et 2^d degré de l'Académie de Paris ou ceux du 2^d degré selon les 4 académies du corpus (respectivement à gauche et à droite dans la Figure 10).

Les visualisations réalisées sur les 5 segments (voir Figure 9) montrent que si les dynamiques de maturité sont comparables, les effets de contexte sont visibles. Dans les 5 cas, le développement de la maturité s'appuie sur la droite descendante et un étirement vers la droite, caractéristique de la découverte des services et de l'intensité de leurs usages. L'épaisseur centrale du nuage est significative de l'intensité d'usage de communication avec la classe, et l'étirement vers le haut des usages de création de ressources et de collaboration.

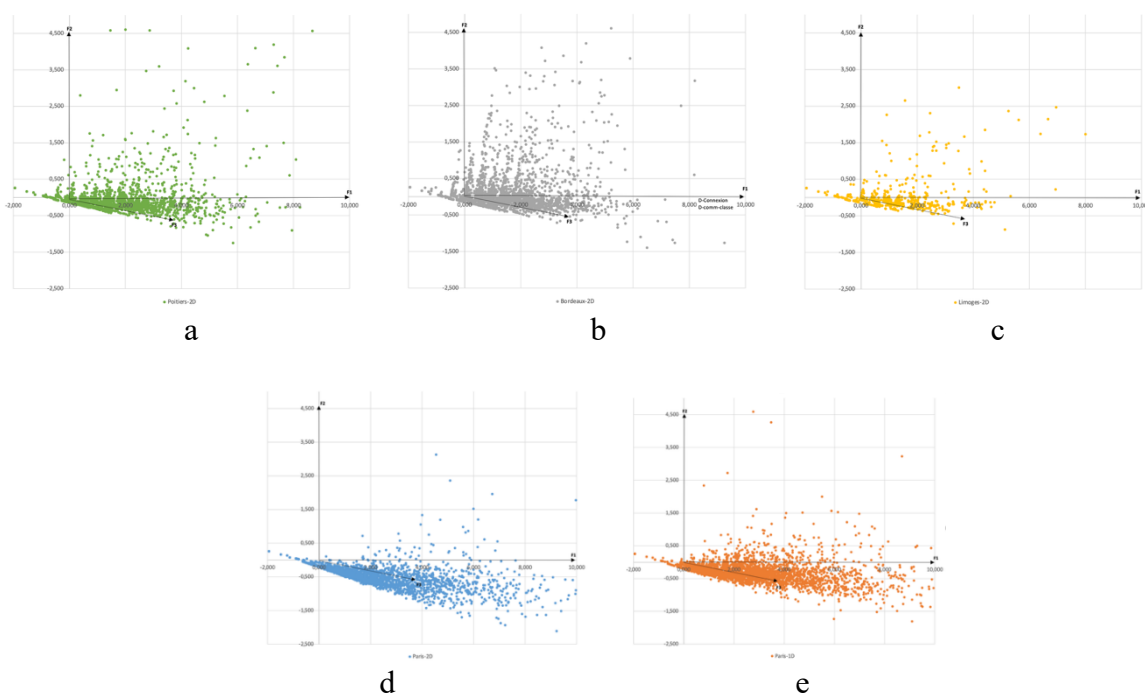


Figure 9 : Profils de maturité des enseignants du 2d degré des Académies de Poitiers (a), Bordeaux (b), Limoges (c) et Paris (d), et du 1^{er} degré de l'Académie de Paris (e)

Dans l'Académie de Paris, chez les enseignants 2D, les niveaux de maturité sont plus faibles (le nuage de points est plus bas) que chez les enseignants 1D. On observe aussi des différences globales dans la répartition et les modes de réalisation de la maturité. Dans les trois académies de Nouvelle-Aquitaine, on observe les nuages de point qui montent vers le haut, significatifs d'usages intenses de communication, de création de ressources ou de collaboration avec leurs pairs et de communication. Cette caractéristique est particulièrement marquée à Bordeaux. En revanche, les enseignants de Paris ne réalisent pas ce type d'usage. Le nuage central (zone C) est particulièrement visible dans les Académies de Bordeaux et de Poitiers, ce qui montre une cohérence dans les usages des enseignants. Dans l'Académie de Paris, il n'est pas aussi dense. Les enseignants se répartissent en effet plus vers la droite du graphique, ce qui montre une diversité de maturité plus grande. Ces tendances générales et ces variations par segment sont cohérentes avec les résultats du

tableau 8, ce qui permet de conclure que les visualisations sont assez fines pour représenter chaque segment.

Les graphiques de comparaison sont particulièrement utiles pour faire une analyse comparée selon le contexte. Par exemple, dans l'Académie de Paris (voir Figure 10), les usages des enseignants du 1^{er} degré sont globalement plus matures que ceux du 2^d degré : ils utilisent plus de services et de manière plus fréquente que leurs homologues du 2^d degré et il y a plus d'enseignants avec des niveaux de maturité élevés, en particulier concernant les services de création et sélection de ressources ou de collaboration entre pairs. De la même manière, lorsque l'on compare les enseignants du 2^d degré selon les académies (voir Figure 10), on observe que les enseignants de l'Académie de Paris ont des usages plus diversifiés : ils utilisent plus de services de l'ENT que leurs homologues. En revanche en Nouvelle-Aquitaine, les enseignants des 3 académies ont des usages plus réguliers (visibles par une fréquence d'utilisation plus grande) et la part des enseignants mature est plus grande en particulier sur les usages de création et sélection de ressources ou de collaboration entre pairs.

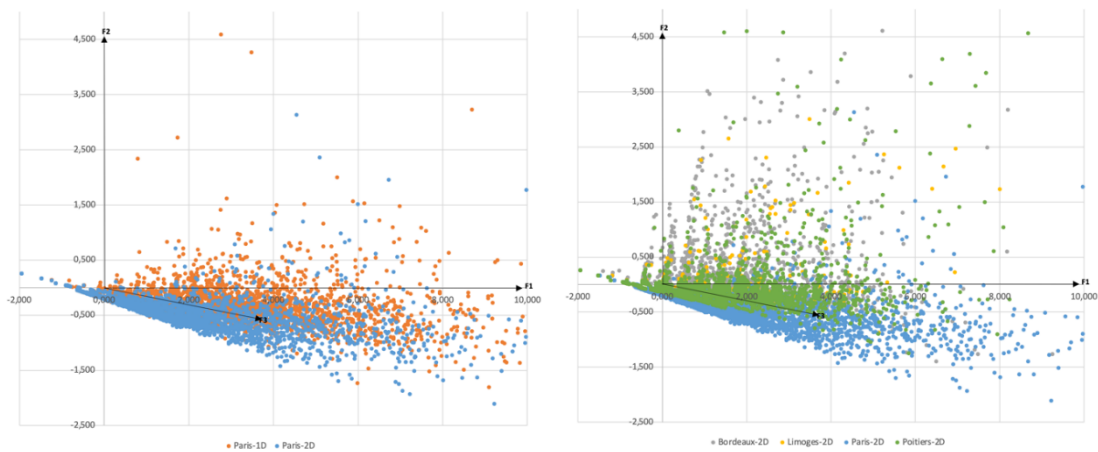


Figure 10 : Comparaison des profils de maturité des enseignants du 1^{er} et 2^d degré de l'Académie de Paris (gauche) et de ceux du 2^d degré selon les 4 académies du corpus (droite)

5.2.5 Comparaison avec d'autres études d'usage

Les résultats obtenus font apparaître des tendances principales dans la montée en maturité numérique des enseignants. Ils entrent en résonance avec les travaux précédemment cités, et apportent un éclairage complémentaire sur la manière dont les usages se structurent et se différencient grâce à l'analyse des traces d'activité. Notre étude révèle que la montée en maturité est principalement caractérisée par une découverte graduelle des services (de communication, puis de création de ressources et de collaboration, puis de gestion de la classe), puis par une intensification des usages. Nous avons de plus observé trois grandes tendances dans l'appropriation des ENT : un large groupe d'enseignants n'utilisent pas ou peu l'ENT (8 722 et 10 177 enseignants), un groupe d'enseignants reste centré sur les usages communicationnels et les utilise ponctuellement (8 774 enseignants) ou de manière plus régulière (917 enseignants), un troisième groupe est composé des enseignants qui ont un bon niveau de maturité caractérisé par des usages intenses et variés intégrant les services de création de ressources et de collaboration entre pairs (1 969 enseignants) et de gestion (911 enseignants). Cette appropriation est caractérisée par des niveaux de maturité croissants.

Si on considère les types d'usage, nos résultats sont cohérents avec d'autres travaux de recherche. En effet, les enquêtes ministérielles PROFETIC et EPODE (MENJS, 2019 ; MENJ, 2023) font état d'une large majorité d'enseignants qui n'utilisent pas le numérique à des fins pédagogiques. Pour ceux qui l'utilisent, leurs usages principaux concernent la communication institutionnelle et l'accès à l'information. Nos observations, plaçant ces usages en facteurs premiers de montée en maturité numérique, confirment que ces services constituent la porte d'entrée sur l'ENT. Ce point rejoint l'analyse de Janvier et Schneeweile (2024), qui observent le renforcement des dimensions organisationnelles et communicationnelles des activités d'apprentissage depuis les confinements liés au Covid-19. Cependant, pour les enseignants, ces pratiques, qui participent pourtant à des objectifs éducatifs, ne sont pas considérées comme pédagogiques, si on considère leurs déclarations dans l'enquête EPODE. Ces observations s'expliquent en partie par le faible niveau de compétences numériques des enseignants et les limites des formations qui leur sont proposées, principalement axées sur des aspects techniques, au détriment des dimensions pédagogiques (Fernández Batanero *et al.*, 2020). Le constat fait par Bruillard (2011) qui situait les ENT comme des innovations institutionnelles dont l'appropriation est limitée, car parfois trop éloignées du quotidien enseignant, reste donc encore d'actualité.

Les constats faisant mention des liens entre la variété d'usage et la maturité numérique (Duguet *et al.*, 2019 ; Jöhler *et al.*, 2022 ; Plantard, 2023) sont aussi observables dans notre cas. Ceci indique que la stratégie de modélisation de la maturité numérique est cohérente avec d'autres recherches. En termes d'usages effectifs, nos observations confirment, pour les enseignants les plus matures, des usages concomitants de communication, création et sélection de ressources, collaboration, complétés pour certains par des usages de gestion de la classe. Ce séquençage confirme les analyses de Loffreda (2021) et Catoire *et al.* (2025) sur le passage, pour les enseignants, d'écosystèmes simples à d'autres plus structurés et intégrés, associés à des usages plus développés. Sachant que l'enquête EPODE (MENJ, 2023) signale des enseignants très actifs, avec ou sans le numérique, dans la recherche de ressources et la collaboration entre pairs, l'ENT correspond donc à l'écosystème que ces enseignants ont choisi. Néanmoins, ce groupe étant encore peu nombreux, nous pouvons faire l'hypothèse que ces pratiques se réalisent ailleurs, directement de manière interpersonnelle ou avec d'autres environnements. Cette dissociation s'explique, notamment d'après Bruillard et Paindorge (2022), par le fait que certains enseignants choisissent d'adapter et d'organiser des ressources en utilisant leurs propres moyens plutôt que des espaces jugés institutionnels, comme l'ENT. Quant aux usages relatifs à la gestion de la classe qui apparaissent de manière restreinte, leur faible présence a déjà été repérée dans d'autres études (Backfisch *et al.*, 2021) comme relevant d'une appropriation plus engagée.

En termes de comparaison entre segments de la population, notre étude révèle des tendances d'usages globalement similaires d'un territoire à l'autre. Néanmoins, l'analyse plus fine des données indique des variations notables dans les dynamiques d'usage sur les ENT en fonction des territoires et niveaux d'enseignement étudiés. Une étude complémentaire, menée dans d'autres académies (Paris, Lille et Amiens) a statistiquement confirmé cette tendance plaçant l'académie et le niveau d'enseignant (1D/2D) comme facteurs principaux des différences dans les maturités d'usage (Michel *et al.*, 2024). Dans nos observations, l'intensité des usages semble moins dépendante des contextes locaux, tandis que la diversité des usages l'est, ce qui peut s'expliquer par les différentes stratégies locales de formation et les politiques de déploiement des ENT. Ce constat est particulièrement visible si on compare les enseignants des premier et second degrés (1D et 2D), et si on compare les enseignants 2D de l'académie de Paris à ceux des académies de Nouvelle-Aquitaine. Si les distinctions entre les usages des enseignants 1D/2D s'expliquent

par des habitudes de travail différentes (Duguet *et al.*, 2019 ; Plantard, 2023), nos observations diffèrent tout de même des constats de Plantard. En effet, dans notre cas, les enseignants du premier degré sont bien plus inventifs et actifs dans l'usage de l'ENT que ceux du second degré. Il est intéressant de noter que Plantard prend en compte une plus large variété de moyens numériques et observe que les enseignants du premier degré sont moins équipés que ceux du second degré. Ces choix politiques montrent que l'ENT, déployé dans l'ensemble des établissements, reste fondamental pour garantir à tous les enseignants de disposer de moyens de mise en œuvre du numérique. Les distinctions relatives au contexte d'exercice (régional ou académique) pour un même niveau (par exemple, les enseignants 2D des 4 académies dans notre étude) nécessitent des études plus poussées liées aux stratégies politiques. Ces stratégies sont multiples. Elles ont trait à la fois aux politiques locales de professionnalisation via la formation continue pour l'accompagnement des enseignants dans leur transition numérique, mais aussi aux équipements accessibles dans les établissements ou au mode de déploiement des solutions numériques. Par exemple, si les enseignants disposent du même support technique d'ENT, les régions choisissent de le paramétrer différemment. La prise en compte des caractéristiques locales des régions et académies permettrait notamment de mieux comprendre les différences mineures qui sont observées. Cette approche multidimensionnelle de la maturité numérique est alignée avec les principaux modèles de DMM (Abel *et al.*, 2022 ; Spiteri et Chang Rundgren, 2020 ; Thordsen et Bick, 2023).

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude présentée dans cet article explore la faisabilité et la pertinence d'une méthode de TA pour évaluer le niveau de maturité numérique des enseignants à l'échelle de deux territoires académiques, en utilisant les traces d'activité collectées via un environnement numérique de travail (ENT) et en les structurant selon un modèle de compétences (en réponse à la QR1). Les résultats obtenus, qui rendent visibles des niveaux de maturité à l'échelle de territoires académiques (en réponse à la QR2), ont démontré la validité de cette approche, tant du point de vue de sa fiabilité que de sa reproductibilité. Cette méthode confirme son potentiel pour l'analyse de gros corpus de données par segment ou globalement, mais aussi la finesse des mesures en résultant, qui, même à grande échelle, permettent de voir les différences liées aux contextes d'usage au niveau *méso*, et ainsi de réaliser des analyses socioculturelles. Le travail de structuration et de visualisation des données a rencontré plusieurs défis, notamment en termes de robustesse et de précision, permettant, une fois levés, de mieux comprendre les usages des enseignants que d'autres méthodes conventionnelles (Backfisch *et al.*, 2021 ; Fernández Batanero *et al.*, 2020).

Plus largement, plusieurs perspectives découlent de ces travaux. À court terme, notre objectif est d'affiner la compréhension des dynamiques d'usage et de montée en maturité des enseignants en interprétant les résultats présentés ici et en les mettant en perspective des autres études scientifiques réalisées. En effet, l'intérêt de nos méthodes, sur le plan scientifique, est de pouvoir dans un premier temps documenter, de manière globale et précise (selon la période, les territoires et les niveaux d'enseignement en particulier), les évolutions de maturité des enseignants. Plus globalement, ces résultats permettront de comprendre les dynamiques qui entrent en jeu dans la maturation des usages et compétences numériques des enseignants avec les ENT, en termes de découverte ou d'intensité d'usage des services proposés. Sur le plan stratégique et décisionnel, ces résultats seront intéressants à la fois pour les entreprises qui proposent des ENT et qui souhaitent affiner leurs choix de conception,

mais aussi pour les cadres éducatifs des académies qui souhaitent ajuster leurs politiques de formation continue et en mesurer les effets. Pour réaliser cet objectif, nous proposons d'étendre le corpus de données aux autres territoires équipés avec les solutions ENT One et Neo de manière à avoir une représentation nationale.

Les autres perspectives de nos travaux sont directement liées à l'une des limites inhérentes aux données provenant des traces d'activité : elles ne renseignent pas précisément sur le contexte d'utilisation. Nous envisageons de poursuivre notre démarche de structuration de traces en données porteuses de sens pour affiner la compréhension des effets contextuels ayant des effets sur l'acculturation des enseignants avec les technologies et pour l'évaluation de la maturité numérique.

Une première approche consiste à compléter les traitements opérés, en particulier les comparaisons entre segments. Par exemple, nous prévoyons d'analyser les différences inter-établissements de manière à objectiver les potentiels écarts au niveau *méso*, liés à la dynamique organisationnelle de l'établissement (Escudero *et al.*, 2018).

Une seconde approche consiste à intégrer au corpus de données des informations relatives aux académies ou aux établissements de manière à consolider la compréhension des effets macro ou méso dans les comparaisons. Ces données peuvent être issues d'autres bases de données (comme celles de la DEPP⁶), de données déclaratives ou d'observations de terrain. Par exemple, en exploitant d'autres bases de données, nous avons intégré dans notre corpus les dates de déploiement des ENT au sein de chaque établissement, et les caractéristiques sociales (REP/REP+) et géographiques (urbain/rural) des territoires pour mieux observer les effets des politiques publiques (Michel *et al.*, 2025). Par ailleurs, nous savons que dans l'Académie de Paris et dans celles de Nouvelle-Aquitaine, le projet ENT déployé n'est pas exactement le même (des choix de personnalisation sont en effet réalisés pour donner accès à des services complémentaires externes à l'ENT dans une zone académique, et à d'autres dans une autre zone). De la même manière, les stratégies de formation sont différentes. Nous projetons de mener des études de terrain pour coder ces spécificités dans le corpus et les intégrer aux analyses. Ces approches permettraient d'étudier plus finement les effets des politiques locales sur la maturation des usages numériques, pour l'envisager dans sa dimension organisationnelle. Enfin, une dernière approche consiste à affiner l'analyse au niveau micro en travaillant sur le processus de collecte et de caractérisation des traces d'activité, par exemple en identifiant automatiquement le moment de l'activité (dans ou hors classe) ou la granularité des actions (individuelles ou collectives).

Une dernière perspective de notre travail est d'élaborer des méthodes permettant à la fois une analyse en temps réel et un traitement sur les données incomplètes. Nous envisageons d'étudier les techniques d'inférence pour définir des règles de classification à partir des résultats des méthodes non supervisées appliquées aux corpus consolidés. Cela permettrait de calculer les niveaux de maturité de manière plus automatique et en utilisant des infrastructures plus sobres sur le plan énergétique, ce qui faciliterait la réalisation d'analyses stratégiques plus régulières ou sur des périodes clés. L'objectif final est de renforcer les capacités des chercheurs ou décideurs industriels ou politiques, dans l'analyse de l'efficacité des dispositifs de type ENT ou des moyens de formation continue déployés. Ces nouvelles contributions aspirent à mieux soutenir les enseignants dans leur montée en maturité numérique, tout en tenant compte des spécificités de chaque territoire académique.

⁶<https://www.education.gouv.fr/direction-de-l-evaluation-de-la-prospective-et-de-la-performance-depp-12389>

REFERENCES

- Abel, V. R., Tondeur, J. et Sang, G. (2022). Teacher Perceptions about ICT Integration into Classroom Instruction. *Education Sciences*, 12(9), 609. <https://doi.org/10.3390/educsci12090609>
- Akram, H., Abdelrady, A. H., Al-Adwan, A. S. et Ramzan, M. (2022). Teachers' Perceptions of Technology Integration in Teaching-Learning Practices: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.920317>
- Albó, L., Barria-Pineda, J., Brusilovsky, P. et Hernández-Leo, D. (2019). Concept-Level Design Analytics for Blended Courses. Dans M. Scheffel, J. Broisin, V. Pammer-Schindler, A. Ioannou et J. Schneider (dir.), *Transforming Learning with Meaningful Technologies* (vol. 11722, p. 541-554). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_40
- Anicic, K. P., Begicevic Redep, N. et Kadoic, N. (2022). Towards LA Adoption Maturity Framework. *2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, 711-716. <https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803750>
- Arianpoor, A. et Abdollahi, A. (2024). A new challenge in accounting education: convergence of maturity model, education and evaluation in accounting. *Accounting Research Journal*, 37(2), 211-229. <https://doi.org/10.1108/ARJ-09-2023-0240>
- Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V., Gileva, T. A., Polozhentseva, J. S. et Chen, L. (2022). Methodology for assessing digital maturity gaps in industrial enterprises. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 13(3), 443-458. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458>
- Backfisch, I., Lachner, A., Stürmer, K. et Scheiter, K. (2021). Variability of teachers' technology integration in the classroom: A matter of utility! *Computers & Education*, 166, 104159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104159>
- Bennacer, I. (2022). *Teaching analytics: support for the evaluation and assistance in the design of teaching through artificial intelligence* [thèse de doctorat, Le Mans]. <https://www.theses.fr/2022LEMA1032>
- Besneville, É., Brilliant, C., Caesar, M., Cerisier, J.-F., Devauchelle, B., Kechaï, H., Féroc-Dumez, I., Fortin, S., Lagrange, A., Lancelli, F., Néa, B., Netto, S., Nguyen, A., Pottier, L., Pierrot, L., Raclin, S., Ramirez, S., Raçon, J., Remond, É., ... Landa, M. (2019). *Le numérique éducatif à l'école élémentaire en tension entre politiques nationales, politiques locales et logiques d'appropriation par les enseignants*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02314186>
- Bharara, S., Sabitha, S. et Bansal, A. (2018). Application of learning analytics using clustering data mining for students' disposition analysis. *Education and Information Technologies*, 23(2), 957-984. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9645-7>
- Carvalho, J., Pereira, R. H. et Rocha, Á. (2018). *Maturity models of education information systems and technologies: A systematic literature review*. Dans 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399339>

- Chambat, P. et Jouët, J. (1996). Rapport Introductif, Machines à communiquer : acquis et interrogation. Dans *Actes 10e Congrès National des Sciences de l'Information et de la Communication*, Grenoble-Echirolles, 207-214.
- Collin, S. (2024). *Vers une infrastructure de gestion pédagogique? Le cas de la datafication de l'École québécoise* [communication orale], *RUNED 24*, Caen.
- Cour des comptes. (2019). *Le service public numérique pour l'éducation : un concept sans stratégie, un déploiement inachevé* [synthèse du rapport public thématique de la cour des comptes]. Cour des comptes. <https://www.ccomptes.fr/system/files/2019-07/20190708-synthese-service-public-numerique-education.pdf>
- Crompton, H. et Sykora, C. (2021). Developing instructional technology standards for educators: A design-based research study. *Computers and Education Open*, 2, 100044. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100044>
- Duguet, A., Giret, J.-F. et Morlaix, S. (2019). Utilisation du numérique à l'école élémentaire : profils d'utilisation et analyse des compétences. *Carrefours de l'éducation*, 47(1), 175-194. <https://doi.org/10.3917/cdle.047.0175>
- Ertmer, P. et Ottenbreit-Leftwich, A. (2010). Teacher technology change: How knowledge, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42, 255-284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- Escudero, J.-M., Martínez-Domínguez, B. et Nieto, J.-M. (2018). Las TIC en la formación continua del profesorado en el contexto español. *Revista de Educación*, (382), 55-78. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2018-382-392>
- Fernández Batanero, J. M., Montenegro Rueda, M., Fernández Cerero, J. et García Martínez, I. (2020). Digital competences for teacher professional development. Systematic review. *European Journal Of Teacher Education*, 45(4), 513-531. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827389>
- Franklin, C. et Bolick, C. (2007). *Technology Integration: A Review of the Literature* (p. 1482-1488). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/primary/p/24773/>
- Freitas, E., Fonseca, F., Garcia, V., Falcão, T. P., Marques, E., Gašević, D. et Mello, R. F. (2024). MMALA: Developing and Evaluating a Maturity Model for Adopting Learning Analytics. *Journal of Learning Analytics*, 11(1), 67-86. <https://doi.org/10.18608/jla.2024.8099>
- Gril, A. (2023). *Capitalisation des indicateurs pour l'apprentissage humain : modèle et étude des interactions avec les utilisateurs* [thèse de doctorat, Le Mans Université]. <https://theses.hal.science/tel-04352589>
- Harrison, C., Tomás, C. et Crook, C. (2014). An e-maturity analysis explains intention-behavior disjunctions in technology adoption in UK schools. *Computers in Human Behavior*, 34, 345-351. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.042>
- Icela, G.-P. L., Soledad, R.-M. M. et Antonio, E.-G. J. (2023). Education 4.0 Maturity Models for Society 5.0: Systematic literature review. *Cogent Business & Management*, 10. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2256095>
- Ifenthaler, D. et Yau, J. Y.-K. (2022). Analytics for Supporting Teaching Success in Higher Education: A Systematic Review. Dans *2022 IEEE Global Engineering Education*

- Conference (EDUCON) (p. 1721-1727).
<https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766734>
- Jalal, G., Lachand, V., Tabard, A. et Michel, C. (2018). How teachers prepare for the unexpected: bright spots and breakdowns in enacting pedagogical plans in class. Dans *13th European Conference on Technology Enhanced Learning : vol. 11082* (p. 59-73). LNCS, Springer. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01833057>
- Johler, M., Krumsvik, R. J., Bugge, H. E. et Helgevold, N. (2022). Teachers' Perceptions of Their Role and Classroom Management Practices in a Technology Rich Primary School Classroom. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.841385>
- Jouët, J. (1993). Pratiques de communication et figures de la médiation. *Réseaux*, 11(60), 99-120. <https://doi.org/10.3406/reso.1993.2369>
- Luo, X. (2020). *Supporting K-12 Teachers' Decision Making through Interactive Visualizations: A case study to improve the usability of a real-time analytic dashboard*. [mémoire de master, KTH Royal Institute of Technology]. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-289216>
- McCoy, C. et Shih, P. (2016). Teachers as Producers of Data Analytics: A Case Study of a Teacher-Focused Educational Data Science Program. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 193-214. <https://doi.org/10.18608/jla.2016.33.10>
- MENJ. (2020). *Repères et références statistiques 2020*. MENJ. <https://www.education.gouv.fr/reperes-et-references-statistiques-2020-1316>
- MENJ. (2023). *Premiers résultats de l'enquête sur les pratiques d'enseignement, EPODE, en 2018 au collège (20.23; Note d'information DEPP)*. MENJ. <https://www.education.gouv.fr/premiers-resultats-de-l-enquete-sur-les-pratiques-d-enseignement-epode-en-2018-au-college-305057>
- MENJS. (2019). *PROFETIC 2018 - Connaître les pratiques numériques des enseignants*. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. <https://eduscol.education.fr/document/4303/download>
- Michel, C. et Pierrot, L. (2023). Pratiques des enseignants durant le confinement lié à la COVID-19 : niveaux et facteurs d'intégration du numérique dans les écoles et perspectives pour le développement des usages. *Revue STICEF*, 29. <http://sticef.org/num/vol2022/29.2.6.michel/29.2.6.michel.htm>
- Michel, C. et Pierrot, L. (2024). Vers la conception de moyens et méthodes fondés sur les modèles pour caractériser et diagnostiquer la maturité numérique des enseignants. *STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation)*, 31(1).
- Michel, C., Pierrot, L., Oru, F. et Vigneau, O. (2024). The Challenge of Modeling the Complexity of Use for the Measurement of Digital Maturity in Education. Dans R. Ferreira Mello, N. Rummel, I. Jivet, G. Pishtari et J. A. Ruipérez Valiente (dir.), *Technology Enhanced Learning for Inclusive and Equitable Quality Education* (p. 268-283). Springer Nature Switzerland.
- Michel, C., Pierrot, L., Oru, F. et Vigneau, O. (2025). Differences in VLE Adoption: Longitudinal and Large-Scale Analysis of Contextual Effects on French Teachers' TEL Practices. Dans K. Tammets, S. Sosnovsky, R. Ferreira Mello, G. Pishtari et T.

- Nazaretsky (dir.), *Two Decades of TEL. From Lessons Learnt to Challenges Ahead* (p. 321-336). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-03870-8_22
- Mougiakou, S., Vinatsella, D., Sampson, D., Papamitsiou, Z., Giannakos, M. et Ifenthaler, D. (2023). Teaching Analytics. Dans S. Mougiakou, D. Vinatsella, D. Sampson, Z. Papamitsiou, M. Giannakos et D. Ifenthaler (dir.), *Educational Data Analytics for Teachers and School Leaders* (p. 189-235). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15266-5_4
- Murithi, J. et Yoo, J. E. (2021). Teachers' use of ICT in implementing the competency-based curriculum in Kenyan public primary schools. *Innovation and Education*, 3(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s42862-021-00012-0>
- Ndukwe, I. G. (2021). *Teaching analytics and teacher dashboards to visualise SET data: Implication to theory and practice* [thèse de doctorat, University of Otago]. <https://ourarchive.otago.ac.nz/handle/10523/10659>
- OCDE. (2019). *Résultats de TALIS 2018 (Volume I)*. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/5bb21b3a-fr>
- Pazmiño-Maji, R. A., García-Peñalvo, F. J. et Conde-González, M. A. (2017). Comparing Hierarchical Trees in Statistical Implicative Analysis & Hierarchical Cluster in Learning Analytics. Dans *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (p. 1-7). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145399>
- Plantard, P. (2023). Les Petites Poucettes dans la tourmente numérique : après la crise covid, les nouveaux temps et contretemps des usages éducatifs du numérique. *Administration & Éducation*, 179(3), 83-92. <https://doi.org/10.3917/admed.179.0083>
- Prieto, L. P., Sharma, K., Dillenbourg, P. et Jesús, M. (2016). Teaching analytics: towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors. Dans *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK '16* (p. 148-157). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2883851.2883927>
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* [eur 28775 en]. <https://doi.org/10.2760/178382>
- Romero, C. et Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- Saar, M., Rodríguez-Triana, M. et Prieto, L. (2022). Towards data-informed teaching practice: A model for integrating analytics with teacher inquiry. *Journal of Learning Analytics*, 9, 1-16. <https://doi.org/10.18608/jla.2022.7505>
- Śpiewak, J. et Kujawski, J. (2024). Digital maturity of universities. A research concept and an introductory study. *Procedia Computer Science*, 246, 4251-4259. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.274>
- Spiteri, M. et Chang Rundgren, S.-N. (2020). Literature review on the factors affecting primary teachers' use of digital technology. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 115-128. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9376-x>

- Stewart, C. L. et Dewan, M. A. A. (2022). A Systemic Mapping Study of Business Intelligence Maturity Models for Higher Education Institutions. *Computers*, 11(11), 153. <https://doi.org/10.3390/computers11110153>
- Suehiro, D., Taniguchi, Y., Shimada, A. et Ogata, H. (2017). Face-to-face teaching analytics: extracting teaching activities from e-book logs via time-series analysis. Dans *ICALT*. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.75>
- Thordsen, T. et Bick, M. (2023). A decade of digital maturity models: much ado about nothing? *Information Systems and e-Business Management*, 21(4), 947-976. <https://doi.org/10.1007/s10257-023-00656-w>
- Tocto-Cano, E., Collado, S. P., López-Gonzales, J. L. et Turpo-Chaparro, J. (2020). A Systematic Review of the Application of Maturity Models in Universities. *Inf.*, 11. <https://doi.org/10.3390/INFO11100466>
- Twilt, S. (2023). *A data analytics maturity assessment model for data-intensive organizations* [mémoire de master, Utrecht University]. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/44027/Stan%20Twilt%2006240399%20-%20Master%20Thesis.pdf?sequence=1>
- Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Dillon, G. et Farrington-Flint, L. (2010). *Understanding the Impact of Technology: Learner and School level factors 2010* [rapport], BECTA.
- Wiley, N. (1988). The micro-macro problem in social theory. *Sociological Theory*, 6(2), 254-261. <https://doi.org/10.2307/202119>
- Xu, B. et Recker, M. (2012). Teaching Analytics: A Clustering and Triangulation Study of Digital Library User Data. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(3), 103-115.

Pratiques numériques des enseignants du primaire et du secondaire depuis le confinement : évolution des usages

Digital practices of primary and secondary school teachers since the lockdown: evolution of usage

Pascale CATOIRE¹ ; Manuel SCHNEEWELE¹ ; Elodie TRICARD¹

¹Université d'Orléans, ERCAE UR 7493, Orléans

Résumé. Trois ans après le confinement, nous avons voulu savoir ce qu'il restait du confinement et quelles étaient les pratiques numériques déployées aujourd'hui en éducation primaire et secondaire. Après une première étude sur l'appropriation des outils numériques par les professeurs du premier degré, présentée au colloque ETIC en octobre 2023, nous nous concentrons ici sur la trajectoire des enseignants du second degré, en comparant leurs réponses à un questionnaire proposé en 2020 et en 2023, complété par des entretiens. À l'aide du modèle UTAUT, nous tentons de comprendre les facteurs qui amènent les enseignants à choisir un outil numérique. Les résultats montrent que, si un changement est perçu par un certain nombre d'enseignants, les pratiques intègrent de manière inégale les usages développés avant, pendant et depuis le confinement. Les professeurs de collège et lycée présentent de nombreuses similitudes avec les professeurs des écoles dans les raisons qui les poussent à choisir et utiliser des outils numériques et dans la façon dont ils les intègrent par des « bricolages ». Quelques différences apparaissent cependant, liées à l'âge des élèves, aux conditions matérielles différentes, à un rapport à l'institution plus ou moins marqué.

Mots-clés : outils numériques, usages, second degré, premier degré, acceptation

Abstract. *Three years after the lockdown, we wanted to find out what remained of the lockdown practices and what digital practices are deployed today in primary and secondary education. Following an initial study on the appropriation of digital tools by primary school teachers presented at the ETIC conference in October 2023, we focus here on the trajectory of secondary school teachers, comparing their responses to a questionnaire proposed in 2020 and in 2023, which was followed by interviews. Using the UTAUT model, we attempt to understand the factors that lead teachers to choose a digital tool. The results show that, while a certain number of teachers perceive a change, practices are unevenly integrating the uses developed before, during and since the lockdown. Middle and high school teachers share many similarities with primary school teachers in their reasons for choosing and using digital tools, and in the ways in which they appropriate them through their own manipulations. A few differences emerge, however, due to the age of the students, different material conditions, and a different relationship with the institution.*

Keywords: *digital tools, practices, secondary school, primary school, acceptability*

1. INTRODUCTION

Différents rapports ont mis en évidence les usages des outils numériques par les enseignants français. Dans l'enseignement secondaire, les résultats de l'enquête Profetic (MENER, 2016) établissaient que malgré un sentiment de compétence assez fort (59 % des enseignants estimaient avoir une maîtrise suffisante ou très suffisante des matériels et services numériques), et malgré le fait qu'ils sont globalement convaincus des bénéfices du numérique éducatif, ils sont seulement 22 % à faire utiliser le numérique à leurs élèves au moins une fois par semaine. Les usages des enseignants sont surtout centrés sur la préparation des cours (OECD, 2019). Juste avant le confinement, l'étude de Tricot et Chesné (2020, p. 7) montrait que « la révolution numérique n'a[vait] pas eu lieu dans les classes ».

Le confinement de l'année 2020 a cependant obligé les enseignants à avoir recours à des outils numériques pour assurer la continuité pédagogique. Parallèlement, les organismes institutionnels qui accompagnent les enseignants dans leurs pratiques (Eduscol, Magistère, Canopé, etc.) ont cherché à mettre à disposition des enseignants des outils et formations. Des plans de développement d'outils numériques ont été lancés par le MENR (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche) comme la « stratégie numérique pour l'éducation 2023-2027 ». Un référentiel de compétences numériques des élèves et des enseignants a également vu le jour, laissant penser qu'une accélération a pu se produire depuis 2020.

Duclos (2015) a cependant montré que les changements se produisent par étapes, et sur un temps long. Ceci nous a donc amené à nous demander ce qu'il reste des usages numériques développés par les enseignants pendant le confinement.

Une étude menée auprès d'enseignants du primaire et présentée lors du colloque ETIC (Catoire *et al.*, 2025), portait sur les usages des enseignants du premier degré trois ans après le confinement. Nous détaillons ici les résultats d'une étude similaire qui concerne les usages des enseignants du secondaire, que nous comparons à ceux des enseignants du premier degré.

2. CADRE THÉORIQUE

2.1 DU CHANGEMENT DANS L'UTILISATION DU NUMÉRIQUE

La question du changement en milieu éducatif a été documentée par plusieurs chercheurs, dont Cuban (1988) qui a montré les résistances des enseignants aux tentatives de réforme pédagogique. Duclos (2015) a affiné l'idée d'acceptation, ou au contraire de résistance au changement, en montrant que celui-ci se produit par étapes, donc de manière non linéaire, sur une période longue, et inclut des aspects différents. Chez certains individus, le changement s'exprime davantage au niveau cognitif (changement de connaissance) tandis que chez d'autres il correspond à un changement dans leur comportement. D'autre part, Tricot (2020) a montré que des changements dans l'activité, induits par les outils numériques, ne transforment pas fondamentalement les objectifs pédagogiques.

Plusieurs études ont montré que les enseignants avaient globalement peu innové durant la période du premier confinement, même si le nombre et la fréquence de certains outils utilisés pouvaient avoir augmenté. Catoire *et al.* (2022) ont ainsi montré, dans leur enquête menée auprès de 1994 enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur, que les outils de conférence avaient largement été utilisés afin de maintenir la continuité pédagogique. Les outils majoritaires déclarés (conférence, stockage et partage de fichiers) semblaient cohérents avec le modèle transmissif qui caractérise largement l'enseignement français. De

même, Michel et Pierrot (2022) montrent que si certains enseignants ont développé des pratiques nouvelles, ils ont surtout utilisé des outils numériques qu'ils connaissaient déjà. Parmi les enseignants de primaire et de collège interrogés, les tâches les plus souvent réalisées relèvent principalement de quatre objectifs : transmission, communication, conception et recherche d'information. Les enseignants animaient principalement les cours en utilisant des ressources vidéo. Les autres formes d'animation (écriture collaborative, travail à l'oral, classes virtuelles, utilisation d'outils spécifiques) ont été moins développées. Cela peut s'expliquer par le fait que « l'appropriation des outils numériques ne se décrète pas » (Tricot et Chesné, 2020, p. 8) et que le temps court du confinement n'a pas permis de changement en profondeur. On peut également penser à ce que Perriault (2002, p. 18) nomme l'effet diligence : « les humains s'approprient un nouvel outil en fonction de la façon dont ils accomplissaient la tâche préalablement, avec éventuellement un outil plus ancien ».

Dans cette étude, nous nous intéresserons donc non seulement aux évolutions dans l'usage des outils numériques mais aussi aux raisons pour lesquelles les enseignants choisissent d'adopter ou non un nouvel outil qui apparaît dans le contexte éducatif.

2.2 LES FACTEURS CLES DANS L'USAGE DES OUTILS NUMERIQUE

La Théorie Unifiée d'Acceptation et d'Utilisation d'une Technologie, plus connue sous l'acronyme anglais d'UTAUT (Venkatesh *et al.*, 2003) présente l'avantage de fédérer huit grands modèles d'acceptabilité d'une technologie : la théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975), la théorie de l'action planifiée (Ajzen, 1985), le populaire TAM (*Technology Acceptance Model*) de Davis (1989) ainsi que la théorie de la diffusion d'une innovation (Moore et Benbasat, 1991). Les auteurs partent du postulat que les comportements d'usage sont reliés à l'intention d'usage qui découle des perceptions et expériences individuelles. Ils établissent quatre facteurs-clés à l'origine des comportements d'usages d'outils numériques : la performance attendue, l'effort attendu, l'influence sociale et des conditions facilitatrices (Figure 1) ; facteurs dont l'impact peut néanmoins être modéré par le genre, l'âge, l'expérience et la liberté laissée à l'utilisateur dans le choix des outils.

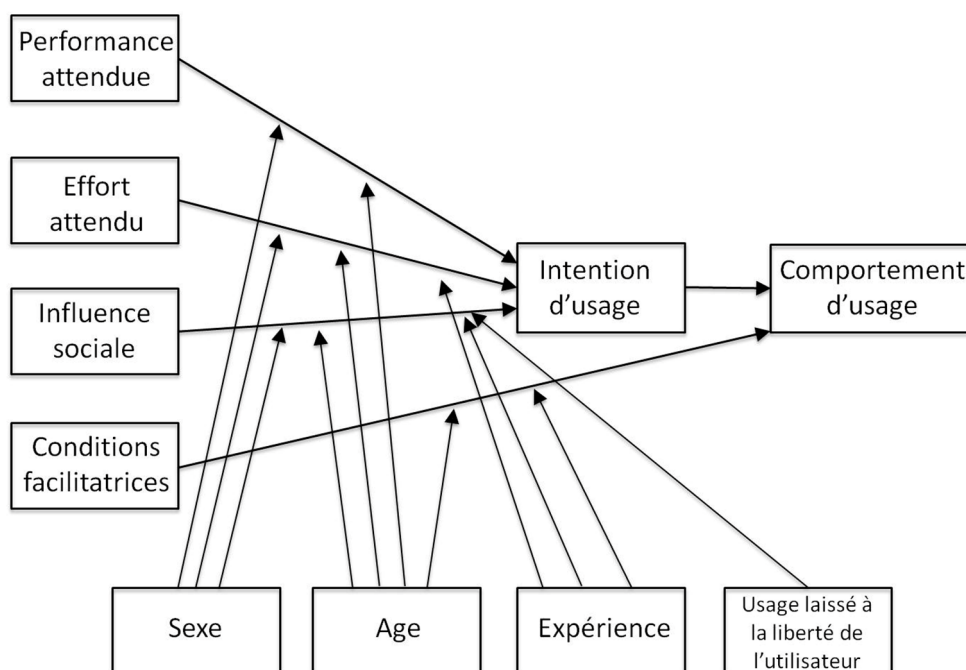


Figure 1 : Modèle UTAUT (Venkatesh *et al.*, 2003)

La performance attendue est définie par les auteurs comme « le degré auquel un individu estime que l'utilisation du système pourra l'aider lui ou elle à atteindre des objectifs de rendement au travail » (Venkatesh *et al.*, 2003, p. 447). L'enseignant va ainsi évaluer la plus-value apportée par l'outil numérique dans son travail, par exemple pour répondre à une fonction pédagogique, pour gagner en temps ou en efficacité dans son travail ou encore pour améliorer les compétences des élèves. L'effort attendu est défini par « le degré de facilité associé à l'utilisation du système » (Venkatesh *et al.*, 2003, p. 450). Il s'agit ici de la facilité d'utilisation perçue des outils : sont-ils simples, intuitifs et accessibles, ou au contraire nécessitent-ils une formation préalable ? L'influence sociale renvoie quant à elle au « degré de perception d'un individu sur le fait que les personnes qu'il considère comme importantes croient qu'il ou elle doit utiliser le nouveau système » (Venkatesh *et al.*, 2003, p. 451). Il s'agit ainsi de s'intéresser à l'influence exercée par les collègues, les élèves ou les parents mais aussi aux demandes institutionnelles émanant du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche. Enfin, les conditions facilitatrices portent sur « le degré auquel un individu estime que l'organisation dispose d'une infrastructure technique pour soutenir l'utilisation du système » (Venkatesh *et al.*, 2003, p. 453). Elles prennent en compte la qualité du parc informatique dans les établissements scolaires, la facilité d'accès à un ensemble d'outils, logiciels, ressources numériques mises à disposition par l'Éducation Nationale.

L'étude de Catoire *et al.* (2025) s'est concentrée sur les usages des outils numériques par les enseignants du primaire depuis le confinement. À l'aide du modèle UTAUT, il est apparu que les professeurs des écoles utilisent des outils variés (institutionnels et privés) et plébiscitent les outils qui sont regroupés dans une même plateforme. En termes de performance attendue, ils espèrent que ces technologies éducatives mettront les élèves en activité, les motiveront et les maintiendront attentifs et concentrés. Ils choisissent des outils en fonction de l'effort attendu : temps de prise en main pour la conception, maîtrise technique de l'outil par eux-mêmes et les élèves. L'influence sociale est tout d'abord celle des collègues, puis celle des familles ; l'institution (les collectivités locales qui fournissent le matériel, les conseillers pédagogiques) ne jouent qu'un rôle indirect. Certaines conditions facilitent l'appropriation des outils numériques par les enseignants, comme la qualité de l'équipement, le fait d'avoir reçu une formation, de pouvoir bénéficier d'un effectif de classe réduit, ainsi que l'envie d'essayer de nouvelles pratiques. Au contraire, l'aspect chronophage de la prise en main des outils est un frein à l'intégration de ceux-ci dans leurs pratiques.

D'autres études dans des contextes internationaux ont montré l'intérêt du modèle UTAUT ; par exemple l'étude de Chun et Yunus (2023) auprès d'enseignants malaisiens, qui souligne que l'effort attendu joue un rôle premier dans l'adoption des technologies ; ou celle de Altan *et al.* (2024) sur le rôle-clé joué par la compétence numérique des professeurs turcs observés et l'utilité qu'ils perçoivent dans l'adoption de technologies éducatives ; ou encore celle de Kahnbach *et al.* (2024) concluant que les facteurs principaux de l'intention d'usage des enseignants allemands étaient tout d'abord la performance espérée, puis l'effort attendu et enfin l'expérience qu'ils possédaient de ces mêmes outils. La formation qui permettrait d'acquérir des compétences pourrait donc être une condition facilitatrice majeure.

Dans cette étude, nous chercherons à caractériser les facteurs de choix des outils par les enseignants du secondaire en nous appuyant sur les quatre piliers du modèle UTAUT, la performance espérée, l'effort attendu, l'influence sociale, les conditions facilitatrices. Il sera intéressant de mettre ces résultats en regard de ceux obtenus pour les enseignants du primaire, sachant que l'intégration des outils numériques par les professeurs du primaire et du secondaire peut être différente.

2.3 DES TRAJECTOIRES DIFFERENTES EN FONCTION DU NIVEAU D'ENSEIGNEMENT

Villemonteix et Béziat (2013) expliquent qu'en raison des contraintes multiples qui pèsent sur leurs usages d'outils numériques en classe, les enseignants du primaire restent plus souvent aux premières phases du processus d'appropriation (entrée, adoption) et avancent moins vite que les collègues du second degré vers les phases suivantes (adaptation, appropriation, invention).

Dans l'étude de Catoire *et al.* (2022), il est apparu que les enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur avaient agi différemment lors du premier confinement car leurs objectifs variaient : si les professeurs des écoles cherchaient avant tout à maintenir le contact avec les familles, les professeurs de collège et lycée cherchaient davantage à amener les élèves vers l'autonomie. Certaines disparités dans leurs usages semblaient également venir d'un rapport à l'institution différent, les enseignants du premier degré se disant plus proches de l'institution, mieux formés et accompagnés que les enseignants du second degré.

En revanche, les enseignants du primaire et du secondaire partageaient une même caractéristique : ils préféraient tâtonner pour s'approprier un outil plutôt que d'utiliser un outil clés en main. Plantard (2014, p. 65) souligne que cette pratique de « braconnage, bricolage et butinage » est caractéristique des enseignants français.

Ces constats nous ont amené à établir les questions de recherche et hypothèses suivantes :

- 1) Dans quelle mesure les usages du numérique ont-ils changé pour les enseignants du second degré depuis la fin du confinement ?

En nous appuyant sur les travaux de Duclos (2015) qui montrent que l'évolution dans l'utilisation des outils se fait de façon progressive et passe d'abord par un changement dans les représentations, nous émettons l'hypothèse que les enseignants perçoivent un changement dans leurs pratiques en raison des outils découverts pendant le confinement ou les trois années suivantes. Cependant, malgré le changement perçu, nous faisons l'hypothèse qu'ils continuent à utiliser les outils qu'ils connaissent, comme l'ont montré plusieurs études antérieures (Tricot et Chesné, 2020 ; Catoire *et al.*, 2022 ; Michel et Pierrot, 2022).

- 2) Quelles sont les raisons qui déterminent l'usage des outils numériques par les enseignants du second degré trois ans après le confinement ?

En nous appuyant sur le modèle UTAUT (Venkatesh *et al.*, 2003) et la recherche de Catoire *et al.* (2025), nous faisons l'hypothèse que les enseignants du secondaire choisissent des outils numériques en fonction de la performance espérée, l'effort attendu, l'influence sociale et les conditions facilitatrices.

- 3) En quoi ces usages ressemblent-ils ou diffèrent-ils de ceux observés chez les enseignants du primaire de l'étude Catoire *et al.* (2025) ?

Dans la lignée des résultats obtenus par Catoire *et al.* (2022), nous faisons l'hypothèse que les enseignants du second degré ont davantage plébiscité des outils numériques pour développer l'autonomie des apprenants, contrairement aux enseignants du premier degré qui mettent l'accent sur la réponse aux besoins des élèves (Catoire *et al.*, 2025).

3. METHODOLOGIE

3.1 QUESTIONNAIRES

Pour comparer les usages du numérique entre les enseignants du premier et du second degré, nous avons choisi de faire passer un questionnaire à deux moments distincts. En 2020, le questionnaire sur l'usage des outils numériques avait permis de traiter 1736 réponses, dont 702 d'enseignants du primaire et 1034 du secondaire. Quatre cent trente-six enseignants avaient accepté d'être recontactés (136 en primaire, 300 en secondaire) ce que nous avons fait entre septembre et décembre 2023. Nous avons pu traiter les réponses de 35 enseignants du primaire (Tableau 1) et 73 enseignants du secondaire (Tableau 2).

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques et professionnelles des enseignants du primaire ayant répondu au questionnaire (2023)

Genre	Ancienneté	Âge	Type d'établissement
Homme : 8	< 5 ans : 0	31-40 ans : 8	École maternelle : 10
Femme : 27	5 à 10 ans : 4	41-50 ans : 17	École élémentaire : 22
	10 à 20 ans : 12	51-60 ans : 7	Autre : 3
	> 20 ans : 19	60-65 ans : 3	

Tableau 2 : Caractéristiques démographiques et professionnelles des enseignants du secondaire ayant répondu au questionnaire (2023)

Genre	Ancienneté	Âge	Type d'établissement	Disciplines représentées	
Homme : 19	< 5 ans : 5	25-30 ans : 3	Lycée : 39	Allemand : 1	Lettres : 12
Femme : 54	5 à 10 ans : 8	31-40 ans : 8	Collège : 33	Anglais : 8	Mathématiques : 8
	10 à 20 ans : 18	41-50 ans : 29	Autre : 1	Droit/ Eco : 3	Physique Chimie : 3
	> 20 ans : 42	51-60 ans : 28		EPS : 1	Portugais : 1
		60-65 ans : 5		Espagnol : 2	SES : 4
				Histoire Géo : 12	SVT : 4
				Informatique : 2	Technologie : 4
					Autre : 8

Le questionnaire (Annexe 1) comportait quatre parties. Afin d'observer l'évolution entre 2020 et 2023, des questions similaires à celles rapportées dans l'étude de Catoire *et al.* (2022) ont été posées.

Une première partie permettait de recueillir les données socio-démographiques des participants (l'âge, le genre, l'établissement d'enseignement, la durée d'exercice dans l'enseignement et la région d'exercice).

La seconde partie du questionnaire visait à identifier les usages du numérique des enseignants pour faire ressortir les catégories d'outils utilisés et leur fréquence d'utilisation. Les modalités de réponse concernant les outils numériques utilisés sont construites sur la base de catégories fréquemment utilisées dans les études en milieu éducatif, par exemple celle de Michel et Pierrot (2022) qui propose des outils de communication (dans notre questionnaire : la messagerie et les outils de conférence), des outils de conception (notre questionnaire cherche plutôt à voir comment les ressources sont conçues : utilisent-ils des contenus clés en main), des outils de transmission (dans notre questionnaire il s'agit de la

diffusion ou du stockage de contenus), des outils de vérification (dans notre questionnaire sont évoqués les formulaires, les enquêtes et les évaluations).

La troisième partie interrogeait les raisons du choix des outils numériques. Dans le questionnaire de 2020, les modalités de réponse ont été proposées en fonction du contexte de confinement. En 2023, nous avons adapté certaines propositions de réponses (Tableau 3) car elles ne nous semblaient plus correspondre au contexte actuel. Pour la présentation des résultats, nous avons regroupé ces raisons autour de différents usages : intérêt pédagogique, prise en compte des apprenants, dépôt de contenu, mise en ligne d'activités, lien social, évaluation.

Tableau 3 : Réponses possibles à la question « Pourquoi utilisez-vous des outils numériques ? »

Questionnaire 2020	Questionnaire 2023
Parce que l'outil représentait un nouvel intérêt pédagogique	Pour créer des cours
Du fait d'une demande / interdiction institutionnelle	<i>Non repris</i>
Parce que mes apprenants me l'ont demandé	Pour m'adapter aux besoins de mes apprenants
Pour déposer du contenu	Pour déposer du contenu
Pour mettre en ligne des activités	Pour mettre en ligne des activités
Pour rétablir un contact humain	Pour favoriser le travail collaboratif
Pour faire des évaluations	Pour faire des évaluation

La quatrième partie du questionnaire concernait la façon dont les enseignants s'étaient formés à ces usages. Pour cela, ils avaient plusieurs choix de réponses correspondant aux différentes modalités de formation possibles pour les enseignants.

Étant donné la large diffusion du questionnaire, nous avons fait le choix de proposer principalement des questions fermées à choix multiples. L'enquête a été réalisée sur le logiciel Sphinx IQ v2 qui a permis de traiter les réponses obtenues.

3.2 ENTRETIENS

L'analyse des réponses au questionnaire a été complétée par des entretiens semi-directifs afin de mieux comprendre les raisons pour lesquelles les outils numériques cités dans le questionnaire étaient utilisés et les évolutions par rapport aux usages de 2020. Par souci de représentativité, nous avons souhaité nous entretenir avec des enseignants du secondaire répondant à des critères différents (discipline, affectation, perception du changement). Dix d'entre eux ont accepté de participer à un entretien.

Le guide d'entretien était le même que celui utilisé pour les enseignants du primaire (Catoire *et al.*, 2025). L'objectif des entretiens était d'éclaircir les réponses obtenues au questionnaire, afin de mieux comprendre les changements ressentis, l'évolution éventuelle des usages et des pratiques depuis le confinement. L'entretien semi-guidé débutait donc par une demande d'explicitation par rapport à la question du changement perçu, qui a amené les enseignants à nommer différents outils. Pour comprendre comment ces technologies étaient utilisées, nous avons demandé aux enseignants de décrire leurs pratiques effectives avec les outils qu'ils nommaient, d'indiquer comment ils s'étaient formés à l'utilisation de ces outils

et à quel moment ils faisaient le choix de l'outil. Ils étaient également incités à nous dire ce qui constituait un frein ou un levier à l'utilisation des technologies éducatives choisies. Afin de comprendre pourquoi les enseignants adoptaient les outils cités, nous leur avons demandé d'explicitier les critères sur lesquels ils s'étaient basés pour choisir les outils et les ressources numériques.

Tableau 4 : Profils des enseignants reçus en entretien (2023)

Enseignant	Discipline, affectation	Ancienneté	Perception du changement
E1	Anglais, lycée	>20 ans	N'envisageait pas de changement en 2020
E2	Anglais, collège	>20 ans	Déclare avoir modifié ses pratiques
E3	SES, lycée	>20 ans	N'envisageait pas de changement en 2020
E4	Histoire-Géographie, collège	10-20 ans	Déclare ne pas avoir modifié ses pratiques
E5	Maths/Info, lycée	5-10 ans	
E6	Cinéma audio-visuel, lycée	>20 ans	
E7	Mathématiques, collège	5-10 ans	Envisageait un changement en 2020
E8	Lettres, collège	10-20 ans	Déclare avoir modifié ses pratiques
E9	Lettres, lycée	10-20 ans	
E10	Sciences de la Vie de la Terre, lycée	10-20 ans	Envisageait un changement en 2020 Déclare ne pas avoir modifié ses pratiques

Les entretiens ont été réalisés en visio et enregistrés, avec l'accord des participants, ce qui a permis de procéder à une transcription automatique. Une analyse de contenu, basée sur les quatre piliers principaux du modèle UTAUT (performance espérée, effort attendu, influence sociale, conditions facilitatrices), a ensuite été réalisée afin de structurer l'analyse (Bardin, 2003).

4. RESULTATS

4.1 CHANGEMENTS PERÇUS DEPUIS LA FIN DU CONFINEMENT

Nous souhaitons savoir dans quelle mesure les enseignants du primaire et secondaire avaient le sentiment d'avoir changé leurs pratiques depuis la fin du confinement. Les réponses des participants qui ont indiqué au moins une modification de pratique parmi les 5 proposées dans le questionnaire ont été agrégées dans la catégorie « Oui, j'ai modifié ma pratique ». La seconde partie du diagramme permet d'identifier sur quoi portent les changements en fonction du niveau d'enseignement.

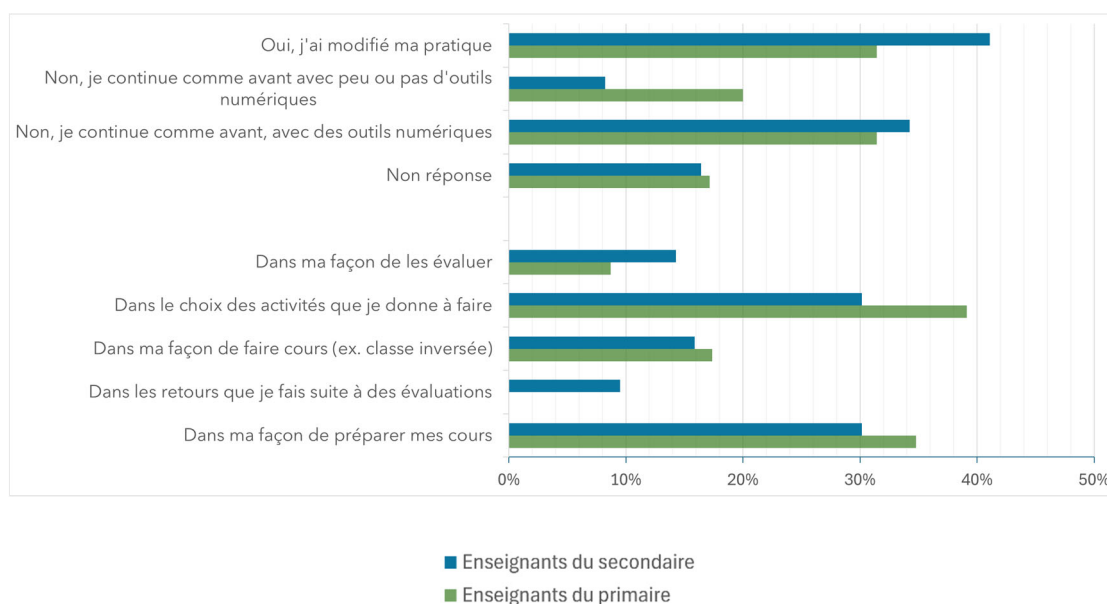


Figure 2 : Réponses à la question la question « Avez-vous l'impression d'avoir modifié vos pratiques depuis la fin du confinement ? » (2023)

Les enseignants du secondaire se partagent presque à part égale entre ceux qui perçoivent des changements et ceux qui n'ont pas le sentiment que leurs usages ont évolué depuis 2020, période du confinement. Cela peut s'expliquer en partie par le fait qu'un nombre important d'enseignants ayant répondu à ce questionnaire avait déjà une expérience des outils numériques.

Les deux enseignantes, E1 et E2, qui n'envisageaient pas de changement en 2020 et déclarent finalement un changement en 2023, indiquent que celui-ci est dû à une évolution de leurs pratiques :

« Après le confinement, tout ce qui est quiz en ligne pour travailler l'asynchrone en fait, et surtout les évaluations asynchrones, j'ai vraiment développé ça » (E1)

« Finalement j'utilise énormément le numérique beaucoup plus que ce que j'avais en tête, ne serait-ce que pour mes documents vidéo et audio en particulier, que je trouve en général sur Internet et que je retravaille via différents outils » (E2)

Les enseignants E3, E4, E5, et E6, qui déclarent une absence de changement en 2023 le justifient par le fait qu'ils utilisaient déjà le numérique avant 2020, par exemple :

« Parce que en fait, je ne saurais pas vous dire, je trouve que mes cours fonctionnent ; mon interaction était déjà assez forte avec les élèves avant, que ce soit par mail ou sur Pronote » (E6)

Les enseignantes E7, E8 et E9 qui ont maintenu leur impression de changement le justifient par un usage plus développé des outils numériques, par exemple :

« Ça change en classe mes pratiques avec davantage de numérique en dehors de la classe » (E7)

« Au niveau de de la quantité, du recours à l'usage du numérique, ça, c'est sûr, je l'utilise bien plus qu'avant. À plusieurs niveaux, que ce soit des choses très simples comme la messagerie Pronote dont je me sers plus qu'avant avec les élèves. Enfin, pour communiquer avec les élèves (...) En 2020, ce que j'avais commencé à faire,

c'était des capsules vidéo justement, et du coup, comme je savais pas du tout en faire avant, c'est à cette occasion que j'ai appris à en faire » (E8)

« Pendant le confinement, j'ai été déjà obligée de développer des compétences numériques que je n'utilisais pas jusque-là, ce qui m'a permis de découvrir des outils utiles » (E9)

E10 qui pensait en 2020 que ses usages seraient différents, déclare, dans le questionnaire de 2023, qu'ils n'ont finalement pas évolués. Lors de l'entretien, elle précise toutefois qu'elle a observé des changements chez certains jeunes collègues.

« Quand je suis retournée au lycée, de ce que j'ai vu, les gens reprenaient en fait leurs habitudes (...) Mais actuellement je trouve que les jeunes professeurs qui sont passés par des formations sont plus à utiliser toutes les ressources qu'ils peuvent trouver sur toutes les applications, les plateformes, tout ça ; je trouve qu'ils les utilisent plus et mieux » (E10)

Les enseignants que nous avons interrogés parlent donc généralement d'usages plus développés, ou tout autant développés, que ceux qu'ils avaient trois ans auparavant. La figure 2 montre toutefois que les enseignants du secondaire et du primaire ont une évolution légèrement différente : les professeurs de collège et lycée ont l'impression d'avoir davantage modifié leurs pratiques que les professeurs des écoles. Ces derniers semblent résister à l'intégration des outils numériques en répondant plus souvent « non je continue comme avant (le confinement), avec peu ou pas d'outils numériques ».

4.2 USAGES

Nous présentons ensemble les réponses des enseignants qui disent utiliser les outils proposés quotidiennement, une à plusieurs fois par semaine, ou seulement plusieurs fois dans l'année. Ils pouvaient cocher plusieurs outils.

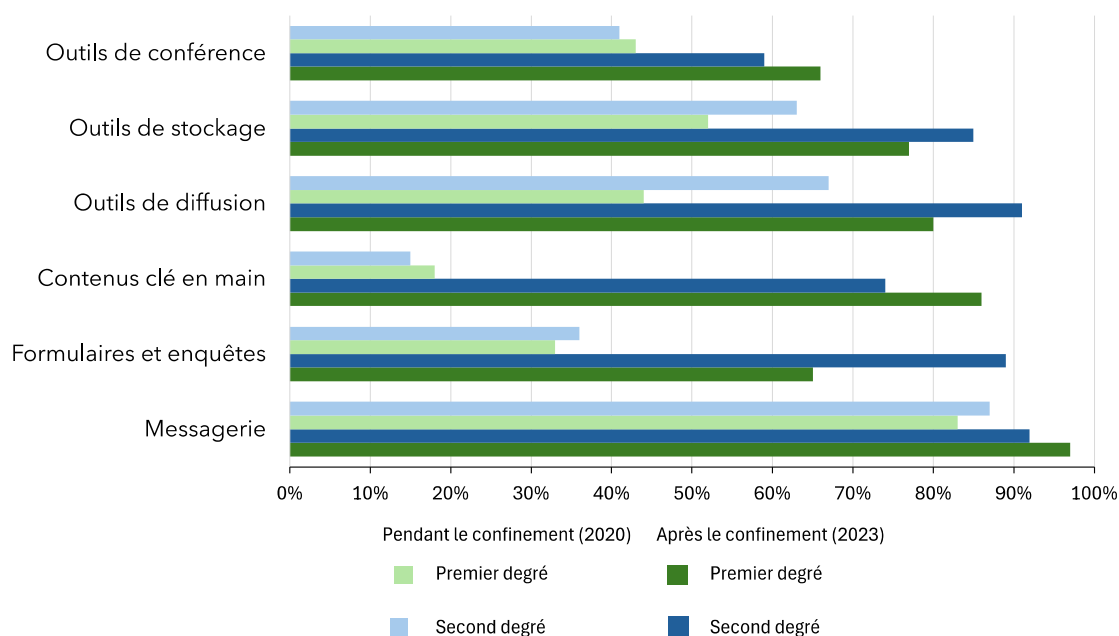


Figure 3 : Comparaison des réponses à la question « Quels outils utilisez-vous ? » entre le 1^{er} questionnaire (2020) et le 2^{ème} questionnaire (2023)

Tableau 5 : Nombre et pourcentage d'enseignants qui déclarent utiliser les outils numériques proposés

	Premier degré				Second degré			
	Pendant le confinement (n= 702)		Après le confinement (n= 35)		Pendant le confinement (n=1034)		Après le confinement (n=73)	
Messagerie	593	84,47 %	34	97,14 %	886	85,85 %	68	93,15 %
Formulaire	239	34,05 %	23	65,71 %	357	34,53 %	53	72,60 %
Clé en main	130	18,52 %	30	85,71 %	164	15,86 %	43	58,90 %
Diffusion de contenu	179	25,50 %	28	80,00 %	926	89,94 %	66	90,41 %
Outils de stockage	373	53,13 %	27	77,14 %	651	62,96 %	63	86,30 %
Outils de conférence	293	41,74 %	23	65,71 %	412	39,85 %	41	56,16 %

La messagerie est le premier outil utilisé aussi bien par les enseignants du secondaire que du primaire. Dans les entretiens, nous constatons que les professeurs de collège et lycée y ont parfois associé l'outil PRONOTE, déjà très fréquemment utilisé avant le confinement :

« Tout ce qui est utilisation de PRONOTE, du mail académique, tout ce qui est interaction avec les élèves, dès mon entrée dans l'enseignement je l'ai mis en œuvre. Donc c'est vrai que le confinement pour moi ça n'a pas été une grande nouveauté avec les élèves, les familles » (E4)

Les outils numériques qui permettent la diffusion sont également très utilisés. L'augmentation importante entre 2020 et 2023 pour les enseignants du premier degré a été rapportée dans Catoire *et al.*, 2025. Dans les entretiens des enseignants du secondaire, le terme « vidéo » est fréquemment apparu, montrant qu'ils les mobilisent largement pour engager les élèves dans l'activité, par exemple :

« Pour rendre les cours plus vivants pour les élèves, disons plus motivants. Il faut que chaque séance de cours intègre le numérique, soit la vidéo ou de l'audio » (E4)

Les outils stockage de données sont largement utilisés : les enseignants du second degré ont expliqué qu'ils les souhaitent multiples et organisés pour mettre à disposition du contenu. Les plateformes MOODLE, PRONOTE, PEARLTREES, GENIALLY, LA DIGITALE sont citées par les enseignants du second degré. Certains de ces outils semblent avoir été découverts durant le confinement :

« Pendant le confinement j'ai décidé de mettre la majorité de mes cours via PRONOTE qui est l'accès direct des élèves au contenu du cours ou au cahier de texte en tout cas. Du coup j'ai découvert des fonctionnalités que je n'avais jamais utilisées, comme déposer un document, déposer un devoir, récupérer le devoir de tous les élèves en parallèle avec des fichiers qui sont déjà nommés et numérotés » (E2)

« Je fais davantage attention à mettre des liens et devoirs sur PRONOTE aussi (...) Le confinement m'a montré qu'on avait besoin et qu'on avait une nouvelle société avec des nouveaux besoins de traçabilité pour les élèves, de retrouver des cours » (E7)

« Sur PADLET ou sur PEARLTREES on peut classer on peut faire des colonnes, on peut faire des chapitres, c'est un outil pour le diagnostic, pour le travail collaboratif, souvent pour le partage, pour la mise en commun. Via PRONOTE (...) je mets des documents, je leur mets le cours, les exercices » (E10)

Ces outils de stockage sont utilisés en classe ou pour permettre aux élèves de prolonger le travail en dehors de la classe. Ils peuvent servir à enrichir le cours :

« Je donne une fiche en début d'année avec tous les sites sur lesquels ils peuvent étayer leur culture artistique et cinématographique, les plateformes de téléchargement légales, les plateformes gratuites, les abonnements à certaines newsletters, les sites sur lesquels ils doivent aller » (E6)

Les enseignants plébiscitent également des outils interactifs qui permettent de prolonger le travail des élèves :

« J'utilise PEARLTREES, ils ont un quiz par semaine, un quiz de révision avec PRONOTE pour qu'on passe essentiellement par le téléphone ou par l'ordinateur. Le numérique rend les élèves plus autonomes » (E9)

Parfois, le travail en autonomie peut servir à l'évaluation ou l'auto-évaluation :

« Ils ont utilisé des questionnaires en ligne que j'avais faits pour pouvoir voir où se positionner. Et puis après, ils ont refait leur questionnaire en ligne, pour voir ce qu'ils en avaient retenu. Donc souvent pour faire des diagnostics, ils ont tous les documents en couleur qu'ils vont pouvoir utiliser pendant le travail de travaux pratiques ou de TD en groupe » (E10)

Pour certains enseignants, le confinement semble avoir accéléré cet usage :

« Sur MOODLE, il y a vraiment plein de choses que je ne connaissais pas pour créer des quiz, pour créer des questionnaires, pour rendre des devoirs, etc. que j'ai découvert finalement après coup » (E2)

« J'utilise la QUIZINIÈRE, découvert pendant le confinement, QUIZLET, pour faire travailler le vocabulaire » (E1)

La figure 3 montre que les priorités d'usage varient légèrement entre les enseignants du premier et du second degré. Ainsi les outils clés en main sont significativement plus importants pour les enseignants du primaire : cela peut s'expliquer par le fait que les enseignants de collège et lycée, qui n'ont qu'une discipline à enseigner, créent plus de contenus. Nous y reviendrons par la suite.

Globalement, nous constatons une augmentation des usages entre 2020 et 2023. Cela pourrait s'expliquer par la découverte d'outils pendant le confinement (comme le disent E1 et E2 ci-dessus) ou par des outils plus nombreux, promus et mis à disposition par l'institution scolaire, pendant cette période de trois ans.

4.3 LES RAISONS DERRIÈRE LES USAGES

Comme expliqué dans la partie 3.1 ci-dessus, les enseignants avaient une liste d'usages proposés à cocher, que nous avons regroupé en six catégories.

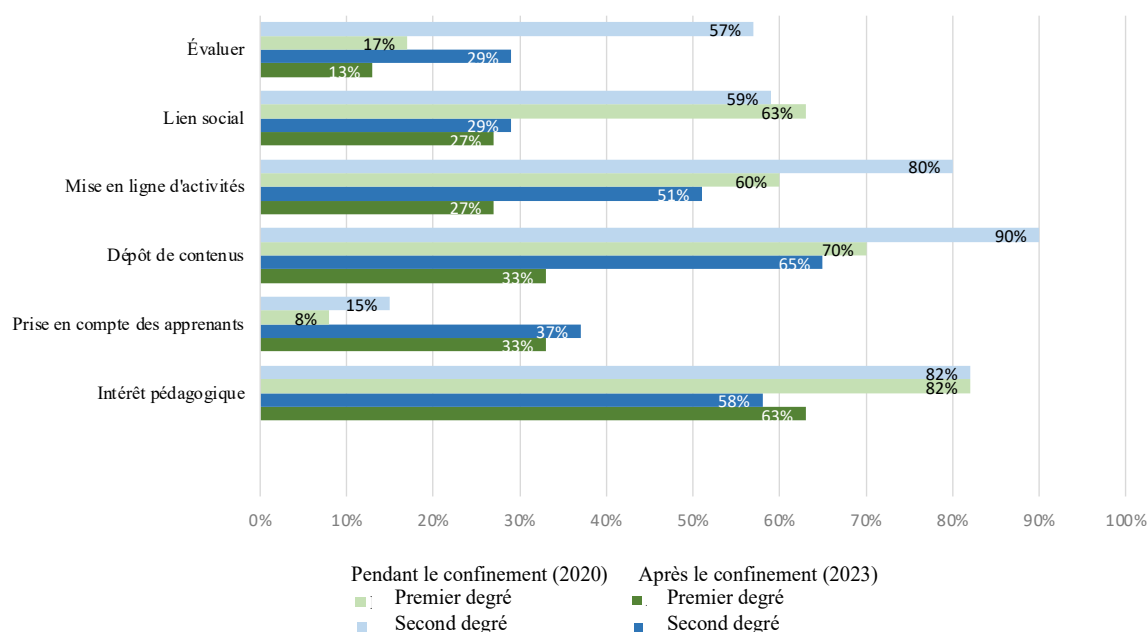


Figure 4 : Comparaison des réponses à la question à choix multiple « Pour quelle raison utilisez-vous ces outils numériques » ?

Quelques différences apparaissent entre le primaire et le secondaire. Les enseignants du second degré cherchent davantage à déposer du contenu et à proposer des activités en ligne, sans doute parce qu'ils s'appuient sur l'autonomie de l'élève et le besoin de poursuivre les apprentissages en dehors de la classe, comme nous l'avons vu dans la partie ci-dessus. Pour les mêmes raisons, mais aussi parce que l'évaluation notée a un poids plus important dans le secondaire, on y utilise plus les outils numériques pour évaluer qu'en primaire.

Un retour aux enseignements en présentiel peut expliquer que certains usages soient moins développés (évaluation, mise en ligne d'activités, dépôt de contenus). Cependant, les résultats de la figure 3 montrent que les utilisations de certains outils sont en augmentation. Par exemple, les enseignants déclarent moins mettre en ligne des activités et moins déposer de contenus (Figure 4) mais ils déclarent utiliser plus d'outils de stockage (Figure 3). Cela peut s'expliquer par des interprétations différentes de ce que nous mettons, et ce que les enseignants mettent, derrière les termes « outils » et « usages » que nous utilisons. Nous avons pu aborder plus précisément ces points dans les entretiens, nous le verrons dans la partie suivante.

En revanche, les outils numériques semblent davantage utilisés pour prendre en compte les apprenants, ce qui nous amène à considérer, en premier lieu, le pilier « performance espérée » du modèle UTAUT (Venkatesh, 2003). Nous utilisons les quatre composantes principales de l'intention d'usage (performance espérée, effort attendu, influence sociale, conditions facilitatrices) du modèle pour comprendre pourquoi les enseignants interrogés intègrent des outils numériques dans leur enseignement.

4.4 PERFORMANCE ESPEREE

Chez les enseignants du secondaire, la performance espérée repose tout d'abord sur l'idée que les outils numériques sont susceptibles de motiver les élèves. Les termes « ludique » et « plus vivant » apparaissent chez plusieurs enseignants, par exemple :

« PEARLTREES, c'est une mise en page qui plaît bien aux élèves en fait (...) C'est certainement un aspect ne serait-ce que visuel, plus ludique, plus sympathique pour les élèves, donc pour moi aussi hein, que ma petite feuille papier traditionnelle » (E2)

La deuxième raison est le fait qu'ils perçoivent ces outils comme une possibilité d'individualiser l'apprentissage, que l'on peut rapprocher de la réponse « pour s'adapter aux besoins des apprenants » dans le questionnaire, cité par environ un tiers des enseignants, par exemple :

« Pour différencier aussi parfois si c'est nécessaire. Rendre ça différent, parfois un peu plus ludique, simplement peut-être plus lisible parce que on a de plus en plus d'élèves qui ont des besoins particuliers et ces petites choses parfois font une grande différence en fait » (E2)

Comme nous l'avons vu ci-dessus, certaines fonctionnalités des outils numériques, testés pendant le confinement pour faire travailler les élèves en autonomie en dehors de la classe, ont été gardées :

« J'ai gardé les dimensions plus interactives des outils » (E1)

« Ça permet aux élèves de poser des questions quand on donne des devoirs sur des travaux qui seraient à rendre sur des périodes de vacances ou on n'a pas cours. Le numérique ... ça a vraiment créé un autre lien avec les élèves, une autre proximité par moment... ça a un peu enrichi la relation qu'on a pu avoir avec nos élèves sur le rapport au travail » (E6)

Ces usages à la maison ont aussi pu faire découvrir ou confirmer la fracture numérique qui persiste dans les familles :

« On s'est aperçu pendant le confinement que tous les élèves n'étaient pas égaux, notamment au collège. Ils sont très souvent uniquement avec leur téléphone portable » (E7)

« J'ai eu l'impression notamment, les années passant (pas spécialement depuis 2020), que les familles sont de moins en moins équipées en ordinateurs et que c'est le téléphone qui fait office ... et c'est vrai que la lisibilité ou les fonctionnalités pour tout ce qui est logiciel de bureautique etc, c'est beaucoup plus compliqué par téléphone. Même la tablette disparaît, c'est vraiment le téléphone qui remplace tout » (E4)

En comparant ces réponses à celles des enseignants de primaire (Catoire *et al.*, 2025), il apparaît que l'accroissement de la motivation est une performance que les enseignants du secondaire attribuent aux outils numériques, mais elle est moins souvent citée que chez leurs collègues du premier degré. De même, la question du maintien de l'attention en classe apparaît moins, mais elle est remplacée par la nécessité de maintenir les élèves engagés dans les apprentissages, en particulier en poursuivant le travail en dehors du cours. La question de la fracture numérique n'apparaît pas en primaire. Ces différences s'expliquent principalement par l'adaptation des professeurs à l'âge des élèves.

4.5 EFFORT ATTENDU

Les enseignants du secondaire choisissent systématiquement des outils numériques en fonction de l'effort attendu. Cet effort nous a semblé se caractériser tout d'abord par la facilité d'utilisation de l'outil, qui doit être intuitive pour l'enseignant en premier lieu :

« Je me suis beaucoup formée en ligne via les formations proposées ; quand c'est assez intuitif, c'est très facilitant et du coup, ça donne envie de s'investir, d'aller voir plus loin » (E2)

« CANVA c'est plus facile à mettre en page, tout simplement. Je vais aussi sur PEARLTREES par rapport à MOODLE en fait parce que c'est beaucoup plus pratique » (E9)

L'effort attendu peut aussi être celui que vont devoir fournir les élèves et qui peut influencer le choix d'outils par les enseignants :

« Il faut que ce soit accessible facilement par les élèves. Mais c'est vrai que, instinctivement, l'application et le smartphone ont cet avantage de l'immédiateté qui est à la fois l'écueil de notre génération et l'avantage aussi » (E3)

L'importance accordée à la facilité d'utilisation peut être reliée à un autre facteur essentiel dans le choix et l'utilisation des outils numériques : le temps consacré à la prise en main des outils numériques. Ce point est ressorti spontanément dans tous les entretiens, par exemple :

« J'ai eu 2 difficultés : la première, ça a été le temps ; la deuxième, ça a été un peu tout ce qui est matériel. Les formations numériques il y en a plein qui sont proposées. Il y a beaucoup de diversité ; après ce qui nous manque, c'est du temps de manipulation » (E7)

Nous retrouvons donc chez les enseignants du second degré les trois aspects qui se dégageaient chez les enseignants du premier degré (Catoire *et al.*, 2025) : la question du temps de prise en main (E7) ; la gestion technique de l'outil (E9, E7, E2) et la facilité d'utilisation de l'outil par les élèves (E3).

4.6 INFLUENCE SOCIALE

L'influence sociale, troisième pilier du modèle UTAUT, joue également un rôle dans l'adoption des outils numériques. L'influence la plus importante semble être celle des collègues avec lesquels ils se forment de manière formelle ou informelle :

« L'influence des collègues avec lesquels je travaille, mais c'est pas des collègues de mon établissement ; c'est des collègues, dans le cadre de la formation à laquelle je suis inscrite, des collègues enseignants un peu dans toute la France et on partage beaucoup nos outils numériques préférés » (E8)

« Le premier facteur de choix c'est les collègues. Parce qu'un collègue a dit, "Ben tiens, j'ai essayé ton logiciel, c'est intéressant. Tiens, j'ai fait un Escape Game avec mes élèves, ils ont bien apprécié, ils ont bien aimé". Le deuxième, c'est la formation ; j'ai fait pas mal de formations justement post COVID, parce que j'avais envie de donner un nouveau souffle à mon enseignement. Et en formation, on nous a présenté différents outils. Et le troisième ce sont les élèves. Parce que des fois ils disent, "Bah tiens Monsieur Machin, il fait comme ça, Madame Machin, elle fait comme ça". Et quand ça marche dans une matière, ils ont envie de que ça marche aussi dans d'autres matières » (E7)

Les familles ont également une influence sur les choix des enseignants qui les citent tout en affirmant que leurs usages ne sont pas dictés par les demandes de ces dernières :

« Les parents, particulièrement, sont demandeurs d'avoir, je cite leurs mots, " le cours en ligne " comme si le cours pouvait se résumer en ligne » (E2)

L'institution n'a été spontanément citée que par deux enseignants :

« Le site de l'académie de Versailles influence le contenu de mes cours » (E3)

« Le premier critère que je sélectionne, c'est : est-ce que c'est approuvé par l'Éducation Nationale ? En mathématiques, j'essaye de mettre un petit peu de numérique parce que c'est quelque chose qui est demandé par les programmes aussi » (E7)

Les enseignants du secondaire montrent un profil légèrement différent des enseignants du primaire en termes d'influence sociale : les collègues jouent également un rôle prépondérant et constituent aussi une source de formation comme nous le verrons ci-après, mais l'influence des familles et de l'institution semble jouer un rôle moins important (Catoire *et al.*, 2025).

4.7 CONDITIONS FACILITATRICES

Les aspects matériels ressortent en premier lieu, en particulier la qualité de l'équipement et du réseau WIFI, variable selon les établissements d'enseignement secondaire. Le deuxième obstacle le plus fréquemment cité est la vétusté du matériel qui n'est pas remplacé. Les enseignants regrettent que ces aspects matériels ne facilitent pas les usages qu'ils souhaitent mettre en œuvre.

« J'ai des logiciels, justement, le fait d'être sur tablette, c'est gênant parce que c'est écrit tout petit. Il y a aussi le manque de salles informatiques par rapport au nombre de professeurs et au nombre d'élèves. Moi je suis dans un collège, on a une salle informatique avec 25 postes qui fonctionnent seulement, et une seule salle pour 800 élèves. Il y a le Wifi, mais en fonction de la salle où nous sommes, ou même de la position des élèves dans la salle, on n'a pas le même réseau. Et enfin, sans compter qu'une classe de 28 élèves qui se connectent tous en même temps à chaque fois, ça beug. Et en fait on met 5 à 10 minutes pour connecter l'ensemble des élèves. Et ça, c'est extrêmement chronophage en fait » (E7)

« Dans mon collège, [il y a] une salle informatique qui ne peut accueillir qu'une demi-classe et voilà ça freine. En plus mes premières séances en demi-classe, elles ont été réquisitionnées par la direction pour faire passer les évaluations nationales à la place » (E8)

« Le problème de mise à jour des logiciels, les ordinateurs ils sont pas tous égaux. Par exemple, là ça fait 3 ou 4 jours qu'on n'a plus de wifi sur les classes mobiles » (E4)

Le faible coût, voire la gratuité du matériel, est cité par plusieurs enseignants comme une condition facilitatrice :

« Le manuel numérique, c'est vrai que quand ils sont apparus en 2016, on a été intéressés. Mais on a été vite rebutés par le coût prohibitif que ça peut représenter pour un établissement. Alors finalement on a laissé tomber » (E4)

Comme les enseignants du primaire (Catoire *et al.*, 2025), les enseignants du secondaire expriment le besoin d'avoir des conditions matérielles suffisamment performantes pour utiliser les outils numériques. La gestion du matériel fourni par des collectivités locales dont

ils sont moins proches¹ est particulièrement problématique dans le second degré. Les tablettes qui ont surtout été déployées en collège nécessitent une maintenance et une connexion de bonne qualité (Rakotomalala et Harisoa, 2020).

Nous avons voulu savoir si la formation (ou l'absence de formation) institutionnelle pouvait être une condition facilitatrice. Nous voyons dans la figure 5 que l'auto-formation (par tâtonnements, par des MOOC, par des tutoriels vidéo) est la plus développée.

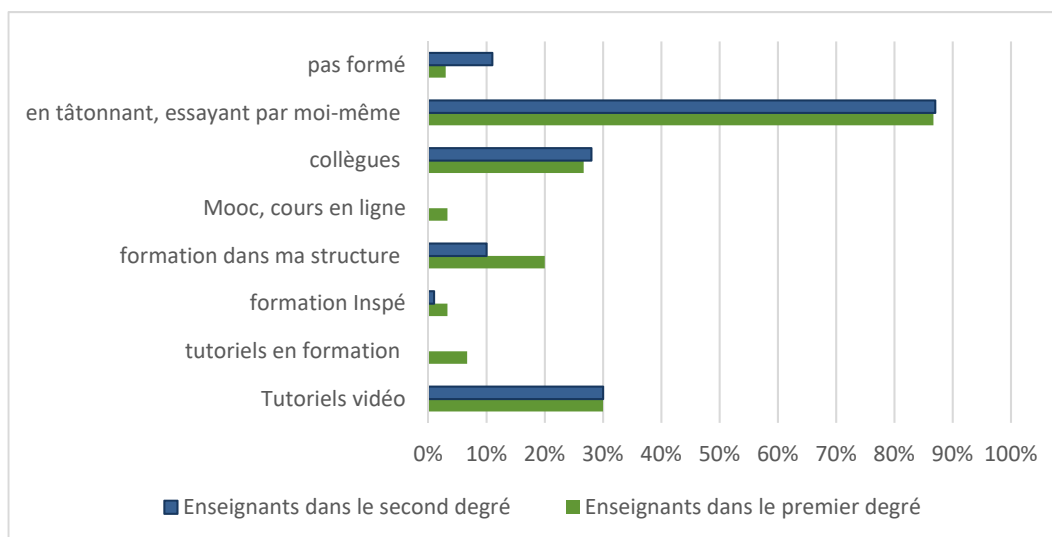


Figure 5 : Réponses à la question à choix multiple « Comment vous êtes-vous formé ? » posée en 2023 (comparaison des réponses des professeurs collège-lycée et des écoles)

Dans les entretiens, nous avons demandé aux enseignants du secondaire de nous expliquer comment ils se formaient à l'utilisation d'outils numériques et s'ils utilisaient des outils clés en main. Leurs réponses confirment des tâtonnements fréquents.

« Alors moi je ne suis pas une très douée en informatique, j'ai 42 ans, je suis pas vraiment la génération tuto mais j'aime beaucoup me débrouiller toute seule donc j'arrive à tâtonner et à trouver une solution toute seule, qu'elle soit en ligne ou par quelqu'un qui connaît, qui m'explique » (E2)

« J'utilise très très peu d'outils clé en main. Parce que j'ai besoin de comprendre ce que je fais comme cours, tout simplement. Donc il faut que ça veut dire..., il faut que ça me ressemble, donc il faut que je le comprenne, il faut que je le ressente » (E6)

« Je garde un aspect critique par rapport à tout ce qui est activité trouvée sur internet ou même les QCM de Pronote, qui sont disponibles en ligne. C'est bien comme base ; c'est quelque chose que je reprends rarement sans rien manipuler » (E7)

Les réponses aux questionnaires (Figure 5) et les entretiens, montrent des similitudes entre enseignants du secondaire et du primaire en particulier en ce qui concerne le tâtonnement. Une différence apparaît cependant sur la formation reçue qui semble plus importante pour les professeurs des écoles. En effet, ils ont dans leur service des heures obligatoires de formation continue contrairement aux enseignants du secondaire. D'autre

¹ Conseil général pour les collèges et conseil régional pour les lycées, tandis que les professeurs des écoles dépendent de la commune.

part, ils bénéficient peut-être de la présence de formateurs de proximité (formateurs INSPÉ ou conseillers pédagogiques de circonscription et départementaux).

5. DISCUSSION

Nos questions de recherche se concentraient sur le changement perçu par les enseignants du second degré, les facteurs de choix des outils numériques ainsi que les similitudes et différences avec les enseignants du primaire.

Nous supposons tout d'abord qu'un changement serait perçu et décrit par les enseignants. La question du changement reste difficile à caractériser. Les entretiens montrent que ce qui est déclaré comme « non changement » ou « changement » peut à la fois signifier un usage plus intense des outils numériques, ou un usage moindre, ou un usage restant élevé. Nous devons garder en tête, comme le rappellent Narcy-Combes et Cicurel (2014), que les représentations que les individus se font de leur changement ne se traduisent pas forcément dans les pratiques, le discours évoluant plus vite que les pratiques. Dans les pratiques décrites, nous avons vu auprès des enseignants du secondaire que les outils de communication (la messagerie, souvent celle de l'ENT via le logiciel Pronote) restent les outils les plus utilisés, ne dénotant pas de changement par rapport à la période du confinement (Catoire *et al.*, 2022 ; Michel et Pierrot, 2022). Les enseignants plébiscitent aussi des outils de stockage (outils de transmission) qui mettent des ressources à disposition des élèves de façon organisée (par exemple MOODLE, PEARLTREES, GENIALLY), ainsi que des plateformes collaboratives comportant des exercices interactifs que les élèves consultent en dehors de la classe. Certains enseignants les utilisaient avant le confinement, d'autres disent les avoir découverts grâce à la continuité pédagogique mise en place en 2020. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Michel et Pierrot (2022) : les outils d'animation interactifs (écriture collaborative, utilisation d'outils spécifiques comme des webradios, création de podcasts pour un travail interactif à l'oral, échanges via des forums) semblent toujours peu ou pas développés puisqu'ils ne sont pas cités par les enseignants.

Notre deuxième hypothèse supposait que les professeurs de collège et lycée intégreraient des outils numériques à leur enseignement en fonction des quatre piliers du modèle UTAUT. Les enseignants du secondaire adoptent leurs outils pour la performance espérée. Les professeurs que nous avons interrogés mettent en avant des usages centrés sur les plus-values à la fois pour eux et pour les élèves puisqu'ils plébiscitent des outils qui permettent d'organiser les ressources mises à disposition pour le travail pendant et en dehors de la classe. Ils citent des outils qui rendent les élèves actifs ; pour certains, ces outils ont bien été découverts pendant le confinement. Ils adoptent ensuite des outils numériques en fonction de l'effort attendu ; le temps passé à prendre en main et à utiliser les technologies est essentiel. Les instances ministérielles ont misé sur outils clés en main pour permettre un gain de temps. Or, ces outils ne sont pas fortement plébiscités par les enseignants. Comme montré par Tricot et Chesné (2020) l'adoption d'outils doit passer par l'activation de leviers divers : motivationnel (qui dépend du temps que peut consacrer l'enseignant, mais aussi de son envie de diversifier sa pratique), didactique et pédagogique. L'influence sociale, en particulier celle des collègues, reste également une raison primordiale de l'adoption des outils numériques. Les usages des enseignants sont basés surtout sur des pratiques individuelles, mais qui peuvent être influencées par des interactions informelles entre collègues. Cela vient corroborer les résultats de Massou *et al.* (2021) qui montraient que pour environ les trois quarts des professeurs des écoles et des enseignants de collège interrogés, le numérique était perçu comme un avantage pour travailler et échanger avec des collègues, mais que le travail

collectif ne reposait pas majoritairement sur des outils numériques. Comme dans cette étude, nos enseignants n'ont pas parlé d'applications de travail collaboratif ni d'un Environnement Numérique de Travail (ENT) pour organiser leur travail commun. Les conditions facilitatrices sont très largement centrées sur des aspects matériels (la qualité de l'équipement et des connexions). On retrouve ce résultat dans d'autres études : en 2019, la Commission Européenne montrait que le problème de l'équipement était le premier obstacle à l'utilisation des technologies éducatives, le deuxième étant celui de la qualité de la connexion internet (European Commission, 2019). La Cour des comptes (2019) estimait que la coordination entre l'État et les collectivités territoriales faisait défaut, ce qui gênait la cohérence des équipements et les décisions pédagogiques. Dias-Chiaruttini *et al.* (2020) montraient également que si les leviers de l'intégration du numérique en éducation étaient multiples (motivationnels, didactique, formation, genre), les problèmes techniques restaient majoritairement cités comme frein à l'utilisation. Nous pensions aussi que le fait de suivre une formation serait une condition facilitatrice de l'intégration des outils numériques. Or, la plupart des enseignants que nous avons interrogés disent qu'ils se forment par eux-mêmes. Nous retrouvons ici les conclusions de Plantard (2014) ou Fluckiger (2020) : les enseignants français sont des fabricants de ressources ; ils créent leur cours, aiment à tâtonner, ils s'adaptent ainsi à une formation institutionnelle peu développée, en particulier dans le secondaire. Ils vont beaucoup piocher par eux-mêmes différents types d'outils, tout en restant sensibles à ceux qui leur sont montrés en formation.

Le modèle UTAUT s'est avéré efficace pour structurer les propos des enseignants que nous avons interrogés. Peu d'enseignants mentionnent d'autres facteurs d'adoption des outils numériques, par exemple d'ordre cognitif pour les élèves. Comme le signalait Tricot (2020), ils n'abordent pas le rôle que le professeur devrait avoir pour éviter la surcharge cognitive des élèves lorsqu'ils utilisent des technologies éducatives.

Dans la lignée des résultats obtenus par Catoire *et al.* (2022), nous avons émis l'hypothèse que les usages des enseignants du second degré seraient semblables à ceux des enseignants du premier degré (Catoire *et al.*, 2025) en termes de performance attendue, d'effort attendu, d'influence sociale et de conditions facilitatrices. Nous pensions également que les professeurs de collège et lycée plébisciteraient davantage des outils pour développer l'autonomie des apprenants. Nous avons pu valider cette hypothèse et faire apparaître une culture professionnelle commune chez les enseignants du primaire et secondaire interrogés. Quel que soit leur niveau d'enseignement, ils mettent fortement en avant les deux composantes du TAM (*Technology Acceptance Model*), à savoir l'utilité perçue et l'utilisabilité perçue. Ils choisissent en effet des outils qui permettent aux élèves de progresser dans leurs apprentissages. Ils espèrent que ces outils numériques amèneront les élèves à s'engager en classe, pour les élèves du primaire et en dehors de la classe, pour les collégiens et lycéens. Ces enseignants forment donc **avec** les outils numériques plutôt qu'**au** numérique, car aucun n'a mentionné mener d'activités réflexives sur les usages du numérique avec les élèves. L'utilisabilité perçue repose largement sur le fait que les outils doivent être pratiques, peu chers et intuitifs, pour ne pas nécessiter trop de temps d'appropriation par les élèves et les enseignants. Les nombreuses similitudes que nous avons relevées ne permettent pas de conclure que les enseignants du secondaire interrogés montrent une meilleure appropriation que ceux du primaire. En effet, si nous reprenons les catégories de Villemonteix et Béziat (2013), les enseignants du primaire montrent également des compétences d'adaptation, d'appropriation, voire d'invention. Les différences que nous avons pu mettre en évidence en comparant les résultats du questionnaire et des entretiens s'expliquent par le public auquel ils enseignent : les enseignants du secondaire ont davantage recours au travail en autonomie à partir d'activités mises en ligne, ils utilisent plus les outils

numériques pour l'évaluation, et le téléphone portable des élèves peut être un des outils utilisés (avec ses avantages et ses inconvénients). D'autres différences entre les deux niveaux d'enseignement semblent s'expliquer par la qualité des moyens matériels et humains mis à disposition : les enseignants de collège et lycée se forment plus par eux-mêmes que les professeurs des écoles qui bénéficient de la présence de conseillers pédagogiques de proximité, ils ont plus de matériel mais le nombre d'appareils et les questions de maintenance (du réseau et des outils) n'amènent pas toujours un déploiement optimal.

6. CONCLUSION

Les résultats que nous exposons comportent des limites. Nous devons garder en tête que les enseignants qui ont accepté de répondre au questionnaire puis de poursuivre en entretien sont sans doute des enseignants relativement à l'aise avec le numérique ; ils y avaient tous recours fréquemment avant le confinement.

Les dix entretiens, analysés à l'aide du modèle UTAUT nous ont aidés à mieux comprendre comment et pourquoi certains enseignants sont amenés à choisir des outils numériques. Le faible effectif des enseignants reçus en entretien ne fait pas apparaître de caractéristiques fiables concernant d'éventuelles transformations liées au confinement, d'autant que les changements (qui reposent à la fois sur des représentations, des opinions et des pratiques) restent difficiles à caractériser par des questionnaires et entretiens. De même, notre échantillon ne prend pas en compte les différentes disciplines qui apparaissent dans ces profils ; or il est probable que les usages soient aussi dépendants des cultures disciplinaires (Tricot et Chesné, 2020). Enfin, notre étude longitudinale s'est concentrée sur les mêmes catégories d'outils que ceux proposés en 2020. Or, les entretiens ont permis de constater que les enseignants se font parfois une représentation différente de celle issue de la littérature scientifique, concernant les catégories d'appartenance de chaque outil. Ainsi, proposer des catégories pour les outils et usages dans le questionnaire comportait un risque d'interprétation différente. Il pourrait être intéressant de poursuivre l'étude en questionnant la façon dont les « bricolages » détournent les outils de leur usage initial. Il serait également pertinent de compléter notre étude par une description plus précise de l'usage de certains outils numériques, qu'ils soient largement utilisés à travers les ENT des établissements secondaires ou qu'il s'agisse d'outils encore minoritaires mais en développement.

Notre étude, à la fois quantitative et qualitative, nous a amenés à cerner un processus d'intégration des outils numériques par les enseignants, et voir que celui-ci était lié à des causes multiples. Le confinement a révélé ou accéléré des usages, mais d'autres facteurs influencent cette intégration. D'une part, des facteurs externes, qui incluent les initiatives institutionnelles visant à promouvoir l'intégration du numérique dans les établissements scolaires, telles que celles menées par le Ministère de l'Éducation Nationale, les inspecteurs et les organismes de formation comme l'INSPÉ et Canopé. D'autre part, les facteurs internes, identifiés à travers le modèle UTAUT, qui révèlent que l'adoption des technologies par les enseignants dépend toujours très largement de la performance espérée, de l'effort attendu, de l'influence sociale et des conditions facilitatrices. Afin de soutenir les usages numériques, il est important de prendre en compte les objectifs pédagogiques que visent les enseignants à différents niveaux d'enseignement, de leur fournir des outils intuitifs, faciles à prendre en main et de continuer à offrir des formations adaptées, des temps d'échange entre collègues, tout autant que des ressources matérielles adéquates et efficaces.

RÉFÉRENCES

- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. Dans J. Kuhl et J. Beckmann (dir.), *Action control: From cognition to behavior* (p. 11-39). Springer.
- Altan, B. A., Yorulmaz, A. et Karalar, H. (2024). Modelling primary school teachers' acceptance of distance-based educational technologies: A post-pandemic perspective. *Education and Information Technologies*, 29, 16499–16523. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12509-1>
- Bardin, L. (2003). L'analyse de contenu et de la forme des communications. Dans S. Moscovici et F. Buschini (dir.) *Les méthodes des sciences humaines* (p. 243-270). Presses Universitaires de France.
- Catoire, P., Schneewele, M., Tesson, S. et Tricard, E. (2022). Pratiques pédagogiques en confinement : évolutions et usages des outils numériques en fonction du niveau d'enseignement. *STICEF*, 29(1), 39-60. <https://doi.org/10.23709/sticef.29.1.2>
- Catoire, P., Schneewele, M. et Tricard, E. (2025). Les usages numériques dans le premier degré : que reste-t-il du confinement ? *Actes de colloque ETIC*. À paraître.
- Cuban L. (1988). Constancy and change in schools (1880s to the present). Dans P. Jackson, *Contributing to educational change: Perspectives on research and practice* (p. 85-106). McCutcheon.
- Dias-Chiaruttini, A., Tali, F., Brunel, M. et Moussi, D. (2020). *Rapport GTnum 10, Approche systémique des ressources et pratiques numériques dans l'éducation : quels freins et leviers pour un passage à l'échelle ?* Ministère de l'Éducation Nationale. <https://hal.science/hal-02911560>
- Chun, T. W. et Yunus, M. M. (2023). Exploring teachers' technology acceptance during COVID-19 pandemic: A systematic review (2020-2022). *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(2), 956-968. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.25398>
- Cour des Comptes (2019). *Le service public numérique pour l'éducation : un concept sans stratégie, un déploiement inachevé* [synthèse du rapport public thématique]. <https://www.ccomptes.fr/system/files/2019-07/20190708-synthese-service-public-numerique-education.pdf>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Duclos, A.-M. (2015). La résistance au changement : un concept désuet et inapproprié en éducation. *Psychologie & Éducation*, 1, 33-45.
- European Commission (2019). *2nd survey of schools: ICT in education. Objective 1 benchmark progress in ICT in schools, final report*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/euodp/data/storage/f/2019-0319T084831/FinalreportObjective1-BenchmarkprogressinICTinschools.pdf>
- Fishbein, M. A. et Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fluckiger, C. (2020). *Les usages effectifs du numérique en classe et dans les établissements scolaires*. Cnesco-Cnam.

- Kahnbach, L., Hase A., Kuhl, P. et Lehr, D. (2024). Explaining primary school teachers' intention to use digital learning platforms for students' individualized practice: Comparison of the standard UTAUT and an extended model. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1353020>
- Massou, L., Lanfranchi J.-B., Chauvel, B. et Fleck, S. (2021). Travail collectif et usages du numérique : Quelle catégorisation de pratiques chez des enseignants français à l'école et au collège ? *Revue-mediations.telug.ca*, 5, 134-161. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.171>
- Michel, C. et Pierrot, L. (2022). Pratiques des enseignants durant le confinement lié à la COVID-19 : niveaux et facteurs d'intégration du numérique dans les écoles et perspectives pour le développement des usages. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 29(2), 13-36. <https://doi.org/10.23709/sticef.29.2.6>
- MENER (2016). *Enquête Profetic 2016 auprès de 5 000 enseignants du 2nd degré*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/ETIC_et_PROFETIC/15/4/PROFETI_C_2016_-_Rapport_complet_648154.pdf
- Moore, G.C. et Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Resources*, 2(3), (192-222).
- Narcy-Combes, J.-P. et Cicurel, F. (2014). Quelle complémentarité entre les savoirs d'action et lessavoirs théoriques ? Quelques significations à attribuer à l'action enseignante. Dans J. Aguilar, C. Brudermann, C. et M. Leclère (dir.). *Langues, cultures et pratiques en contexte : interrogations didactiques* (p. 347-367). Riveneuve.
- OECD (2019). *TALIS 2018 Results (Volume 1): Teachers and School Leaders as Lifelong Learners*. <https://www.oecd.org/en/about/programmes/talis.html>
- Plantard, P. (2014). Usages des technologies numériques : innovations et imaginaires. Dans P. Musso (dir.) *Industrie, imaginaire et innovation* (p. 57-68). Manucius.
- Perriault, J. (2002). *L'accès au savoir en ligne*. Odile Jacob.
- Rakotomalala Harisoa, N. A. (2020). *Pratiques, confinement et besoins en formation des enseignants [rapport d'étude]*. Réseau Canopé. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/agence_des_usages/confinement/Rapport_etude_pratiques-confinement-besoins_2020.pdf
- Tricot, A. (2020). *Quelles fonctions pédagogiques bénéficient des apports du numérique ?* Cnesco. <https://cnam.hal.science/hal-03249545>
- Tricot, A. et Chesné, J.-F. (2020). *Numérique et apprentissages scolaires : rapport de synthèse*. Cnesco. https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2020/10/201015_Cnesco_Numerique_Tricot_Chesne_Rapport_synthese.pdf
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. et Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- Villemonteix, F. et Béziat, J. (2013). Le TNI à l'école primaire : entre contraintes et engagement. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 327-350.

ANNEXES : QUESTIONNAIRE 2023

Première partie : données socio-démographiques

- 1) Vous êtes
 un homme une femme Je ne souhaite pas répondre
- 2) Vous êtes enseignant dans
 le supérieur le 2d degré le 1° degré autre
- 3) Votre lieu d'enseignement
 maternelle élémentaire collège lycée BTS IUT université autre
- 4) Vous enseignez depuis
 moins de 5 ans 5 à 10 ans 10 à 20 ans plus de 20 ans
- 5) Dans quelle région :
- 6) Votre discipline :

Deuxième partie : outils utilisés

- 7) Vous utilisez la messagerie
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais
- 8) Vous utilisez les formulaires et enquêtes
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais
- 9) Vous utilisez les outils clé en main
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais
- 10) Vous utilisez des outils de diffusion de contenus et d'information
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais
- 11) Vous utilisez des outils de stockage et partage de fichiers
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais

- 12) Vous utilisez des outils de conférence
 tous les jours 1 à plusieurs fois par semaine quelquefois dans l'année jamais

- 13) Pensez-vous que cette expérience du confinement a modifié vos pratiques ?
 Non, je continue comme avant, avec des outils numériques
 Non, je continue comme avant, avec peu ou pas d'outils numériques
 Oui, dans ma façon de préparer les cours
 Oui, dans le choix des activités
 Oui, dans ma façon d'évaluer
 Oui, dans le retour suite aux évaluations
 Oui, dans ma façon de faire cours (par ex en classe inversée)

Troisième partie : raisons du choix des outils numériques

- 14) Pour quelle raison utilisez-vous des outils numériques ?
 Pour créer mes cours
 Pour m'adapter aux besoins des apprenants
 Pour déposer du contenu
 Pour mettre en ligne des activités
 Pour favoriser le travail collaboratif
 Pour faire des évaluations

Quatrième partie : formation aux outils numériques

- 15) Comment vous êtes-vous formé ?
 Par des tutoriels vidéo
 Par des tutoriels vus en formation
 Par une formation inspé
 Par une formation dans ma structure
 Par un mooc ou cours en ligne
 Par des collègues
 En tâtonnant, essayant par moi-même
 Je ne me suis pas formé

Premières étapes d'élaboration et de validation de l'échelle de perception de l'accompagnement du formateur en contexte hybride

First steps in the development and validation of a perception scale for trainer support in hybrid context

Isabelle LECLUSE-COUSYN

Université de Lille

Résumé. Cet article présente les premières étapes de développement et de validation d'un instrument permettant de mesurer les perceptions qu'ont les apprenants de l'accompagnement de leur formateur en contexte hybride. Après une étude de travaux portant sur la perception de l'accompagnement et une revue de littérature sur les outils permettant de la mesurer, deux collectes quantitatives sont exposées. Les apprenants sollicités sont des étudiants infirmiers. En effet, l'hybridation des Instituts de Formation en Soins Infirmiers (IFSI) depuis 2009 rend ce public particulièrement concerné par les nouvelles pratiques d'accompagnement des formateurs en contexte hybride. Élaborée sous la forme d'un questionnaire, l'Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride (EPAFCH) est formée de quatre sous-échelles mesurant une perception spécifique : la perception d'un accompagnement individualisé, celle portant sur un accompagnement dans l'apprentissage, la perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation, et celle relative à un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant. Dans l'ensemble, les résultats apportent un soutien à la validité et à la fidélité de l'EPAFCH. Même si cette dernière doit encore faire l'objet d'analyses complémentaires, elle semble présenter un intérêt pour la recherche en sciences de l'éducation et de la formation.

Mots-clés : perception, accompagnement du formateur, formation hybride, échelle de mesure

Abstract. *This article presents the first steps of development and validation of an instrument designed to measure learners' perceptions of the support provided by their trainers in a hybrid context. After a study of research on the perception of support and a literature review on tools for measuring it, two quantitative data collections are presented. The learners are nursing students. Indeed, the hybridization of Nursing Training Institutes (IFSI) since 2009 makes this group particularly concerned with the new practices of trainer support in hybrid contexts. Developed in the form of a questionnaire, the Trainer Support Perception Scale in Hybrid Context (EPAFCH) consists of four subscales measuring a specific perception: the perception of individualized support, support related to learning, the perception of support for autonomy and responsibility, and support that values learners' progress. Overall, the results provide support for the validity and reliability of the EPAFCH. While further analyses are still needed, it seems to be of interest for research in education and training sciences.*

Keywords: *perception, trainer's support, hybrid training, rating scale*

1. INTRODUCTION

En France, l'hybridation des Instituts de Formation en Soins Infirmiers (IFSI) est liée à l'universitarisation de la formation et plus précisément au référentiel promulgué par l'arrêté du 31 juillet 2009 relatif au diplôme d'État infirmier. Celui-ci précise que l'étudiant ne réalise plus l'intégralité de ses enseignements en présence à l'institut. En outre, la crise sanitaire du Covid-19 a fortement accéléré la mise en place de modalités distantes pour certaines activités d'apprentissage. Tous ces aspects induisent de nouvelles pratiques d'accompagnement des étudiants infirmiers en contexte hybride. Aujourd'hui, chaque étudiant bénéficie, durant ses trois années d'études, d'un accompagnement de la part d'un formateur référent.

Comme le soulignent Deschryver *et al.* (2011), le formateur accompagnant des apprenants en contexte hybride doit développer de nouvelles compétences. En effet, selon les auteures, si celui-ci ne développe pas les compétences requises, les apprenants peuvent ressentir un sentiment d'isolement et de délaissement. De son côté, Jézégou (2021) mentionne un besoin de présence physique des formateurs de la part des apprenants, surtout depuis la crise sanitaire liée au Covid-19. Cependant, pour l'auteure, la distance ou la proximité des apprenants avec leurs formateurs n'est pas uniquement géographique. C'est plutôt la qualité de la relation entre formateurs et apprenants qui influence cette distance ou proximité. Ces éléments de contexte mettent en évidence l'intérêt d'étudier la perception qu'ont les apprenants de l'accompagnement de leur formateur en contexte hybride. Ainsi, cette étude pourrait s'avérer d'une grande utilité dans le cas où les formateurs seraient intéressés par l'évaluation de leur accompagnement au travers de la perception qu'en ont les apprenants. En outre, la revue de littérature réalisée préalablement à cette recherche n'a pas mis en évidence d'outil mesurant, du point de vue des apprenants, les différentes dimensions de l'accompagnement des formateurs. Ce constat peut, en partie, être expliqué par le manque de référentiel commun concernant les pratiques et les objectifs de l'accompagnement des apprenants en enseignement supérieur ainsi que le manque de rigueur méthodologique dans l'évaluation des actions d'accompagnement menées auprès de ces apprenants (De Clercq *et al.*, 2022). C'est dans cette perspective que l'EPAFCH (Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride) a été construite.

Cet article vise à présenter les premières phases de développement et de validation de l'EPAFCH. Le texte se structure en quatre parties. La première permet d'aborder le concept de perception de l'accompagnement ainsi que l'intérêt de la construction de l'EPAFCH. La deuxième partie aborde les analyses factorielles réalisées sur la version préliminaire de l'outil (version 0). Celles-ci aboutissent notamment à la première version de l'EPAFCH (version 1). La troisième partie présente les tests statistiques visant à éprouver la validité et la fidélité de l'échelle. L'ensemble de ces analyses met en évidence des propriétés psychométriques acceptables. Enfin, la quatrième et dernière partie de l'article discute des résultats obtenus. Elle fait également office de conclusion.

2. LA PERCEPTION DE L'ACCOMPAGNEMENT

Située à la croisée de plusieurs champs théoriques, la notion d'accompagnement est entourée encore aujourd'hui d'un flou conceptuel. Par exemple, comme le pointe Annoot en 2014, les textes officiels relatifs à l'enseignement supérieur n'en donnent pas une définition précise. En outre, dans le domaine de la formation, les termes de tutorat et d'accompagnement sont communément utilisés. Si pour Decamps et Depover (2011) cette

liberté sémantique peut être expliquée par un objectif commun reliant ces deux notions, celui d'encadrer des étudiants, Annot (2014), quant à elle, les regroupe sous le terme de « pratiques d'aide à la réussite ». Ainsi, la distinction entre « accompagnement » et « tutorat » n'est pas toujours aisée. Pour Glikman (2011), le tutorat s'oriente essentiellement vers une aide pédagogique proposée à la personne apprenante. Quant à l'accompagnement, il intègre, selon l'auteure, des aspects supplémentaires tels que motivationnels, socioaffectifs ou métacognitifs. De plus, si Poteaux (2014) postule que la notion d'accompagnement intègre celle de tutorat, elle rejoint également les propos de Verzat (2010, cité par Cosnefroy *et al.*, 2014) qui explique que l'accompagnement implique un changement de perspective pédagogique. En effet, la logique transmissive fait à présent place à celle constructiviste, basée sur l'autonomisation de l'apprenant en formation. Par ailleurs, selon plusieurs auteurs (Glikman et Lumbroso, 2001, cités par Burton *et al.*, 2011 ; Daele et Docq, 2002 ; Glikman, 2002), l'accompagnement d'apprenants est contextualisé à l'environnement éducatif dont il dépend. Pour le cas de la formation hybride, celle-ci peut être considérée, selon Peraya *et al.* (2014), comme intégrant l'ensemble des caractéristiques des formations présentielles et à distance. C'est pourquoi les travaux scientifiques mobilisés dans le cadre de cette recherche et visant à aborder le concept de perception de l'accompagnement portent autant sur l'accompagnement que sur le tutorat et ce, dans toutes les modalités de formation.

À partir des travaux de Rodet (2012) et de Lécluse-Cousyn et Jézégou (2023), une recension complémentaire de productions scientifiques a été menée afin de déterminer les dimensions de l'accompagnement du formateur pouvant être perçues par l'apprenant en contexte hybride. Le terme de « perception » renvoie, d'après Cosnefroy (2011), à l'interprétation qu'une personne a de l'environnement dans lequel elle se trouve. En synthèse de cette recension, l'accompagnement du formateur pouvant être perçu par les apprenants en contexte hybride comporte sept dimensions (voir Tableau 1).

Il est possible d'ajouter un quatrième niveau. Il doit simplement avoir son titre dans le même style de police que celui des sous-sections de niveau 3, sans numérotation et au début d'un paragraphe.

Tableau 1 : Les sept dimensions de l'accompagnement du formateur pouvant être perçues par les apprenants en contexte hybride

Accompagnement portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant
Accompagnement organisationnel
Accompagnement pédagogique
Accompagnement socio-affectif et motivationnel
Accompagnement technique
Accompagnement métacognitif
Accompagnement portant sur l'évaluation de l'apprenant

La première dimension de l'accompagnement porte sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant. Pour Rodet (2012), Paul (2009, 2012) et Rached et Gharib (2014), celle-ci consiste, entre autres, à lui expliquer les valeurs et le projet de l'établissement afin qu'il puisse éventuellement ressentir un sentiment d'appartenance au milieu universitaire et à ses pairs. En outre, la perception de l'apprenant d'un accompagnement axé sur son accueil et son orientation renvoie, selon d'autres chercheurs (Perret et Demougeot-Lebel, 2014 ; Villemagne *et al.*, 2016 ; Weisser *et al.*, 2014), à une aide de la part du formateur dans la clarification de son projet professionnel, notamment au travers des informations transmises sur ses orientations futures.

Quant à la perception par l'apprenant d'un accompagnement organisationnel, elle consiste à distinguer une aide dans le développement d'une organisation afin d'exercer son autonomie en formation (Paul, 2012 ; Pelletier *et al.*, 2022 ; Reilly, 2020 ; Rodet, 2012). Plus précisément, elle renvoie, selon Trautwein et Bosse (2017), à un soutien de l'apprenant à devenir autonome, aussi bien dans la gestion de l'aspect administratif de ses études que dans l'organisation du quotidien, afin de concilier la formation avec la vie personnelle.

Concernant la troisième dimension de l'accompagnement, celle pédagogique, plusieurs auteurs (Burton *et al.*, 2011 ; Chaliès, 2018 ; Cosnefroy *et al.*, 2014 ; Perret et Demougeot-Lebel, 2014 ; Rodet, 2011, 2012 ; Trautwein et Bosse, 2017) s'accordent à dire qu'elle consiste notamment à aider l'apprenant à résoudre ses difficultés d'apprentissage ou méthodologiques. Elle permet, entre autres, de le soutenir dans l'appropriation des notions, des connaissances et des savoir-faire vus en formation. En outre, les travaux de Matosas-López *et al.* (2019), de Pelletier *et al.* (2022) et de Qamar *et al.* (2024) mettent en avant la qualité pédagogique de l'enseignant, tant dans la clarté de ses explications que dans les ressources qu'il lui propose. Enfin, la perception par l'apprenant d'un accompagnement pédagogique renvoie à une collaboration entre pairs favorisée par le formateur, tout comme à l'encouragement à exprimer son ressenti en formation (Brudermann et Pélissier, 2016 ; Duchène *et al.*, 2015 ; Pelletier *et al.*, 2022 ; Trautwein et Bosse, 2017 ; Weisser *et al.*, 2014).

La quatrième, qualifiée de socio-affective et motivationnelle, fait référence, comme le pointent Glikman (2002, 2011), Paul (2009, 2020), Rodet (2011) et Rached et Gharib (2014), à la perception par l'apprenant d'une relation individualisée, ajustée entre ses besoins et ses attentes. Si les résultats des recherches menées par divers auteurs (Dicker *et al.*, 2017 ; Gallardo-Echenique *et al.*, 2016 ; Matosas-López *et al.*, 2019 ; Moreno-Murcia *et al.*, 2015 ; Požarnik et Lavrič, 2015 ; Yang et Spitzer, 2020) soulignent l'importance de la qualité des échanges entre le formateur et l'apprenant, les travaux de Noland et Richards (2015), Chaliès (2018), Leite Da Silva et Altarugio (2021) et de Pelletier *et al.* (2022) s'accordent pour mettre en exergue les compétences relationnelles du formateur inscrit dans une relation d'accompagnement socio-affectif. Il s'agit notamment de son écoute, de son empathie ou encore de l'instauration d'un climat de confiance avec l'apprenant. En outre, comme le pointe Baudrit en 2018, l'accompagnement socio-affectif d'un apprenant en formation à distance ou hybride implique l'instauration d'une « présence à distance », qualifiée par Roelens (2024) d'« entre-deux ». Cette présence éducative à distance permet, selon les auteurs, de lutter contre le sentiment d'isolement ressenti par l'apprenant. Enfin, selon d'autres auteurs (Chwiłkowska-Kubala *et al.*, 2024 ; Moallemi, 2023 ; Noland et Richards, 2015 ; Pelletier *et al.*, 2022 ; Radovan et Makovec, 2015 ; Valcarcel *et al.*, 2021 ; Villemagne *et al.*, 2016), l'accompagnement socio-affectif et motivationnel du formateur a un effet sur l'engagement, la persévérance ou encore le sentiment d'efficacité personnelle de l'apprenant. Quant à Zimmerman et Johnson (2017) et Thompson *et al.* (2019), la perception

par l'apprenant d'une relation de qualité avec les formateurs peut amener à une diminution de son anxiété, notamment par la mise en œuvre d'un soutien individualisé.

Dans la perception d'un accompagnement technique, le formateur encourage particulièrement l'apprenant à utiliser les outils numériques en formation (Agbanglanon et Adjanohoun, 2020 ; Rodet, 2012). En outre, il l'aide dans la maîtrise de son environnement d'apprentissage et suscite l'entraide technique entre pairs. Par ailleurs, l'importance de l'accompagnement technique du formateur en formation à distance et hybride a été mise en avant par plusieurs auteurs (Baudrit, 2018 ; Bouhafs, 2021 ; Chen *et al.*, 2021 ; Cinotti, 2018 ; Matosas-López *et al.*, 2019).

L'accompagnement métacognitif des apprenants a été souligné dans les recherches de Cosnefroy *et al.* (2014), Khouiyyi *et al.* (2022) et de Velly et Pentecouteau (2022). Cette dimension de l'accompagnement consiste à aider l'apprenant à exercer sa réflexivité afin de favoriser sa prise de recul au regard des situations vécues. Selon Paul (2009, 2012) et Beauvais (2009), ce procédé métacognitif favorise la responsabilisation de la personne accompagnée. En outre, comme le pointent d'autres auteurs, (Bournaud et Pamphile, 2023 ; De Clercq *et al.*, 2022 ; Trautwein et Bosse, 2017), la perception d'un accompagnement métacognitif de la part du formateur a un effet sur la gestion des émotions de l'apprenant en formation.

Enfin, la septième et dernière dimension consiste à aider l'apprenant dans la préparation de ses évaluations afin qu'ils obtiennent de bons résultats (De Clercq *et al.*, 2022). Les recherches menées par Moreno-Murcia *et al.* (2015), Noland et Richards (2015) et Chemsî *et al.* (2020) soulignent notamment l'importance, pour l'apprenant, de la clarté des explications du formateur concernant les modalités d'évaluation des contenus pédagogiques. En effet, celle-ci l'amène à avoir une meilleure perception de son dispositif de formation. Enfin, selon d'autres auteurs (Frey *et al.*, 2018 ; Pelletier *et al.*, 2022 ; Rached et Gharib, 2014 ; White, 2017 ; Wiliam et Leahy, 2016), la dimension évaluative de l'accompagnement peut être perçue par l'apprenant au travers de sa valorisation et des félicitations reçues par son formateur, ce qui a notamment un effet sur son sentiment d'efficacité personnelle.

Préalablement à la recherche dont il est question dans cet article, une revue de littérature¹ (Lécluse-Cousyn, s.d., annexe 3) a été réalisée selon le protocole PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). L'objectif était de recenser, au travers d'études empiriques menées par des chercheurs en sciences de l'éducation et de la formation durant les dix dernières années, les outils permettant de mesurer la perception qu'ont les apprenants de l'accompagnement de leur formateur dans un dispositif hybride d'enseignement supérieur. La méthode utilisée pour le recensement de ces travaux s'est appuyée sur les étapes préconisées par Fink (2010). En majorité quantitatives, les études empiriques ayant été intégrées dans la revue n'ont pas mis en évidence d'outil mesurant, du point de vue des apprenants, les sept dimensions de l'accompagnement des formateurs (voir Tableau 1). Ainsi, il était opportun que celles-ci soient intégrées au sein d'un seul et même instrument. C'est pour répondre à cette lacune que l'EPAFCH (Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride) a été construite.

Cependant, l'accompagnement de l'apprenant par le formateur ne peut être considéré autrement que dans un sens holistique. En effet, rappelons que selon Glikman (2011), la particularité de cet accompagnement consiste à intégrer, outre l'aide pédagogique proposée

¹Cette revue de littérature n'étant pas encore publiée, elle est rendue accessible sur le site de l'auteure. <https://lecluseisa.wixsite.com/leclusecousyn/file-share/033a05c1-4b25-4da1-8daa-a1b0b8c6c3bb>

à l'apprenant, des aspects supplémentaires tels que motivationnels, socioaffectifs ou métacognitifs. De leur côté, Rached et Gharib (2014) postulent qu'un « accompagnement intégral » de l'apprenant lui laisse la possibilité, entre autres activités, de cheminer dans son apprentissage et son projet de formation. Les auteurs évoquent également un « culture d'accompagnement » permettant de discerner un apprenant dans sa totalité et sa complexité. Dès lors, il paraît incontournable de mesurer l'accompagnement dans toutes ses dimensions lorsqu'il est question de l'appréhender dans le cadre de recherches scientifiques.

Elaborée en 2020 sous la forme d'une série de questions, la version préliminaire de l'EPAFCH (considérée comme une version 0) comportait 38 items répartis en sept sous-échelles, correspondant aux dimensions de l'accompagnement du formateur pouvant être perçues par les apprenants en contexte hybride (voir Tableau 1). Ainsi, elle intégrait des questions spécifiques quant à la perception des étudiants de ces sept dimensions. Consultable en annexe 1, l'EPAFCH v. 0 a été notamment utilisée lors de la première étude empirique, comme l'aborde la seconde partie de cet article.

3. ÉTUDE 1 : ANALYSES FACTORIELLES RÉALISÉES SUR LA VERSION PRÉLIMINAIRE DE L'EPAFCH

Les analyses factorielles réalisées lors de la première étude empirique avaient pour objectif d'éprouver la structure en sept sous-échelles de l'EPAFCH v. 0 (voir Annexe 1). En s'appuyant sur la recension de productions scientifiques précédemment exposée, l'hypothèse sous-jacente stipulait que les sept facteurs – correspondant aux sept sous-échelles – seraient reliés entre eux d'un point de vue théorique. Ainsi, cette première étude empirique a consisté en deux analyses factorielles : une exploratoire, visant à vérifier que les dimensions retenues pour expliciter chaque dimension de l'accompagnement soient distinctes et contribuaient à son explication ; une confirmatoire, afin d'examiner si la structuration de l'EPAFCH v. 0 s'ajuste aux données observées.

3.1 MÉTHODE

La version 0 de l'EPAFCH a été distribuée en novembre 2022 à 345 participants, tous étudiants infirmiers de première et de deuxième année de formation. Ils étaient inscrits dans un IFSI de la métropole lilloise. Le choix de ce terrain d'investigation était lié à la mise en œuvre d'une hybridation des modalités pédagogiques, notamment au travers des activités d'apprentissage proposées aux étudiants.

Les étudiants ont été sollicités lors d'un cours présentiel à l'institut. Ils ont été informés de l'intérêt à éprouver scientifiquement un outil portant sur la perception de l'accompagnement de leur formateur référent. À cette fin, il leur a été demandé de bien vouloir répondre au questionnaire administré en ligne sur Google *Forms*. Les étudiants ont été informés qu'aucune obligation de réponse au questionnaire n'était requise, mais que leur participation serait toutefois appréciée. Enfin, ils ont été avertis que les données personnelles recueillies ne serviraient qu'à des fins de recherche et demeureraient strictement confidentielles.

3.2 PROFIL DES PARTICIPANTS

Les 345 étudiants sollicités ont répondu au questionnaire. Ils se composaient de 46 hommes et de 299 femmes, âgés de 18 à 45 ans. Majoritairement inscrits en formation initiale, 100 étudiants travaillaient à côté de leurs études. Enfin, l'étude ayant été réalisée en

2022 après la crise sanitaire explique certainement le fait qu'une grande majorité des étudiants possédaient une expérience hybride de formation avant leur entrée en IFSI.

3.3 OUTIL DE RECUEIL DE DONNÉES

Comme énoncé précédemment, les analyses factorielles ont été réalisées sur la version 0 de l'EPAFCH. Pour rappel, cette version comportait 38 items répartis en sept sous-échelles, correspondant aux dimensions de l'accompagnement du formateur pouvant être perçues par les apprenants en contexte hybride (voir Tableau 1). Le tableau 2 ci-après propose une vue d'ensemble de l'EPAFCH v. 0 structurée en sept facteurs, leur codage respectif ainsi que le nombre d'items associés.

Tableau 2 : Facteurs de l'EPAFCH v.0 assortis de leur codage respectif

Facteurs	Codage	Nombre d'items
1 Accompagnement socioaffectif et motivationnel	AFF	8
2 Accompagnement portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant	ORI	6
3 Accompagnement organisationnel	ORG	5
4 Accompagnement pédagogique	PED	7
5 Accompagnement technique	TECH	3
6 Accompagnement métacognitif	MC	4
7 Accompagnement portant sur l'évaluation de l'apprenant	EV	5

L'EPAFCH v. 0 intégrait des questions spécifiques quant à la perception des étudiants des sept dimensions de l'accompagnement du formateur. L'intitulé de chaque question peut être consulté en Annexe 1. Les échelles de Likert utilisées pour les réponses au questionnaire ont été construites sur sept points, afin de recueillir des résultats nuancés. Les réponses étaient formulées de « *Tout à fait d'accord* » à « *Pas du tout d'accord* ».

3.4 STRATÉGIE D'ANALYSE

Les réponses au questionnaire ont été analysées à l'aide du logiciel Jamovi 2.6.² Dans tous les tests statistiques pratiqués, l'hypothèse nulle a été rejetée quand la valeur de p était inférieure à .05. De plus, ont été utilisés des tests statistiques appropriés en garantissant la non-violation des postulats qui leur sont liés : la normalité de la distribution et l'égalité des variances. La normalité de la distribution a été étudiée au travers du test de Shapiro-Wilk (W). Quant à l'égalité des variances, elle a été vérifiée par le test de Levene (F). Comme énoncé précédemment, les analyses factorielles réalisées sur l'EPAFCH v. 0 visaient à éprouver sa structure factorielle en sept sous-échelles. Ainsi, afin de déterminer un nombre de facteurs de l'EPAFCH valide sur le plan statistique, une analyse parallèle a été réalisée.

La première analyse factorielle réalisée durant cette première étude empirique était une analyse factorielle exploratoire (AFE). Elle avait pour but d'éliminer les items de l'EPAFCH qui contribuaient peu ou pas à une dimension d'accompagnement donnée. Afin de procéder à une purification de l'échelle, les items n'expliquant pas suffisamment les sept facteurs ont été retirés du modèle. Selon Corbière et Larivière (2020), le seuil critique minimal accepté

² The jamovi project (2025). *jamovi* (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>

de saturation d'un item était de .30. En outre, lorsqu'un item saturait deux facteurs, un écart de .30 en valeur absolue entre deux saturations était attendu. Enfin, n'ont été conservés au minimum que deux items par facteur. De plus, l'hypothèse étant que les sept facteurs étaient reliés entre eux d'un point de vue théorique, la rotation oblique (« oblimin ») a été utilisée. En effet, comme le pointe Pupion (2012), il est préférable d'utiliser une rotation oblique lorsqu'est mesuré un construit multidimensionnel. Par ailleurs, la méthode d'extraction « résidu minimum » a été utilisée en association avec la rotation oblimin. Les conditions de réalisation de l'AFE ont été vérifiées, de façon à n'avoir aucune donnée manquante. La version de l'outil comprenant 38 items, le ratio était donc de 9.07 participants par item. Selon Hair *et al.* (1998), ce ratio est acceptable pour réaliser une AFE. Le contrôle de la sphéricité et le test d'adéquation de l'échantillonnage ont été réalisés. Selon Corbière et Larivière (2020), les critères d'adéquation pour une AFE renvoient à une valeur de p significative au test de sphéricité de Bartlett et à un coefficient Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) supérieur à .60. Pour les sept sous-échelles, les résultats mettent en évidence une valeur de p significative (soit inférieure à .001) au test de sphéricité de Bartlett et un KMO global excellent (entre .922 et .982). Ces résultats indiquent qu'il existe suffisamment de corrélations exploitables pour entreprendre une analyse factorielle. En outre, ils mettent en évidence que l'échantillon contribue de manière cohérente à la mesure du concept étudié. Enfin, la cohérence interne de la version 0 de l'EPAFCH a également été étudiée au travers du calcul de l'alpha de Cronbach. En effet, selon Pupion (2012), l'alpha de Cronbach reste la méthode la plus utilisée à cette fin.

Quant à la seconde analyse factorielle réalisée durant cette étude empirique, elle était confirmatoire. Cette analyse avait pour objectif d'examiner si la structuration de l'EPAFCH v.0 correspondait aux données observées. En effet, selon Vallerand *et al.* (1989), une analyse factorielle confirmatoire (AFC) permet de constater à quel point un modèle sur plusieurs facteurs serait supporté par l'analyse de la matrice des covariances. Selon Bollen (1989) et Jackson *et al.* (2009), la décision prise au sujet d'un modèle ne peut reposer sur le calcul d'un seul indice, mais sur une appréciation de la tendance générale des principaux indices. Comme l'indiquent Hu et Bentler (1999), les indices permettant de tester l'adéquation d'un modèle sont le chi carré, le CFI (*Comparative Fit Index*), TLI (*Tucker Lewis Index*), RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*) et le SRMR (*Standardized Root Mean Square Residual*). De son côté, Roussel (2005) distingue les indices de mesure absolus de ceux incrémentaux. Si les premiers permettent d'évaluer en quoi le modèle posé *a priori* reproduit correctement les données collectées, les seconds, quant à eux, évaluent l'amélioration de l'ajustement du modèle en le comparant à un modèle plus restrictif. Appelé « modèle nul », ce dernier constituerait un modèle pour lequel toutes les variables observées ne seraient pas corrélées. Parmi les indices de mesure absolus, l'auteur distingue notamment le chi carré, le SRMR et le RMSEA. Si le chi carré est non significatif ($p \geq .05$), cela signifie qu'il n'y a pas de différence entre les matrices de covariances observées et attendues. Dans ce cas, la réalité des données correspond à la théorie. Quant aux indices SRMR et RMSEA, ils doivent, selon Delacroix *et al.* (2021), se situer respectivement dans les normes suivantes : inférieur à .08 pour le SRMR et entre .05 et .08 pour le RMSEA. Pour les indices de mesure incrémentaux, Roussel (2005) nomme le TLI et le CFI. Une adéquation du modèle à la réalité observée est considérée comme acceptable si ces indices sont supérieurs à .90. Ainsi, c'est en se basant sur le calcul des différents indices venant d'être exposés que la validité de la structuration de l'EPAFCH v.0 a été étudiée.

3.5 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 1

Au regard de la stratégie d'analyse venant d'être exposée et plus précisément, de l'analyse parallèle réalisée, les résultats ont mis en évidence une validité statistique de l'EPAFCH v. 0 lorsque celle-ci est structurée en quatre facteurs. En effet, en imposant un nombre fixe de sept facteurs pour l'analyse, il n'était pas possible de garder un minimum de deux items par facteur, comme préconisé par Corbière et Larivière (2020). De plus, l'analyse factorielle exploratoire a permis de supprimer huit items de l'échelle : une relative à la perception d'un accompagnement portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant (ORI06) ; deux concernant l'accompagnement pédagogique (PED01 et PED05) ; deux se référant à l'accompagnement organisationnel (ORG01 et ORG02) ; deux se rapportant à l'accompagnement technique (TECH02 et TECH03) et une correspondant à l'accompagnement métacognitif de l'apprenant (MC04). Pour rappel, le seuil critique minimal accepté de saturation d'un item était de .30. En outre, lorsqu'un item saturait deux facteurs, un écart de .30 en valeur absolue entre deux saturations était attendu. Ainsi et au regard de l'analyse factorielle exploratoire réalisée durant cette première étude empirique, l'échelle EPAFCH pourrait contenir 30 items répartis en quatre facteurs. Le tableau 3 ci-après rend compte de cette nouvelle structuration de l'échelle en quatre facteurs ainsi que les items qui s'y rapportent. Le tableau relatif à la contribution de chaque facteur associée aux charges factorielles peut être consulté en Annexe 3.

Tableau 3 : Nouvelle structuration de l'EPACH en quatre facteurs après l'analyse factorielle exploratoire

Facteurs	Nombre d'items	Items
1	10	ORI02, ORI03, ORI04, ORG03, ORG04, PED02, PED07, MC01, MC02, MC03
2	10	AFF01, AFF02, AFF03, AFF04, AFF05, AFF06, AFF07, AFF08, ORI01, ORI05
3	6	ORG05, PED03, PED04, PED06, TECH01, EV01
4	4	EV02, EV03, EV04, EV05

En outre et avec un indice de confiance à 90 %, les résultats de l'AFE ont mis en évidence une saturation factorielle des items variant entre .417 et .939. Selon Roussel (2005) et Corbière et Larivière (2020), celle-ci peut être considérée comme acceptable. De plus, les résultats ont montré que la construction de l'EPAFCH sur quatre facteurs expliquait 61.9 % de la variance. Quant aux corrélations interfactorielles, elles ont mis en évidence que les quatre facteurs étaient liés, avec des valeurs entre .464 et .769. Enfin, la cohérence interne de l'EPAFCH structurée en quatre facteurs était satisfaisante car l'alpha de Cronbach était supérieur à .80 pour les quatre sous-échelles.

Quant à l'analyse factorielle confirmatoire réalisée durant cette première étude empirique, elle a permis de confronter l'ajustement des deux modèles de l'EPAFCH : celui structuré en sept facteurs et celui construit en quatre facteurs. Avec un intervalle de confiance à 90 %, les résultats relatifs aux calculs des indices d'ajustement ont témoigné un meilleur ajustement du modèle aux données pour la structuration de l'EPAFCH en quatre facteurs

(voir Tableau 4 ci-dessous). Pour la plupart, les valeurs des indices de mesure absolus et incrémentaux de l'EPAFCH v. 0 structurée en quatre facteurs respectaient les seuils exigés, ce qui montre que le modèle théorique posé reproduisait dans l'ensemble les données collectées (TLI = .897, CFI = .906, SRMR = .0576, RMSEA = .0739). Par contre, le chi carré est resté significatif ($p < .001$).

Tableau 4 : Comparaison de la qualité d'ajustement de l'EPAFCH v-0 structurée en sept et quatre facteurs

Indices	Indices incrémentaux		Indices de mesure absolus		
	CFI	TLI	Chi carré	SRMR	RMSEA
Valeurs seuils	> .90	> .90	Non significatif ($p > .05$)	<.08	Entre .05 et .08
Valeurs du modèle sur sept facteurs	.854	.841	Significatif $p < .001$	.0747	.0836
Valeurs du modèle sur quatre facteurs	.906	.897	Significatif $p < .001$	.0576	.0739

Au regard des résultats précédemment exposés, c'est la structuration de l'EPAFCH en quatre facteurs qui a été retenue. Cette nouvelle structuration comporte une réelle pertinence théorique qui fera notamment l'objet d'une discussion à la fin de cet article. Ainsi, l'EPAFCH comprend à présent 30 items répartis en quatre sous-échelles. Ces dernières correspondent à quatre perceptions de l'accompagnement du formateur : 1) la perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation en formation (PAAR) ; 2) la perception d'un accompagnement individualisé (PAI) ; 3) la perception d'un accompagnement dans l'apprentissage (PAA) ; et 4) la perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant (PAVP). Cette version de l'EPAFCH à 30 items constitue une première version de l'outil, appelée « v. 1 ». Elle peut être consultée en Annexe 2.

Afin de pouvoir utiliser l'EPAFCH v. 1 à des fins de recherches ultérieures, il s'agissait d'étudier ses propriétés psychométriques. C'est notamment l'objectif de la seconde étude empirique réalisée dans le cadre de cette recherche. En effet, celle-ci vise à vérifier la validité et la fidélité de l'échelle, comme l'aborde la partie suivante de cet article.

4. ÉTUDE 2 : VÉRIFICATION DE LA VALIDITÉ ET DE LA FIDÉLITÉ DE L'EPAFCH V. 1

Comme précisé à l'instant, le but de cette seconde étude empirique était de tester les propriétés psychométriques de l'EPAFCH v. 1, au travers notamment de l'étude de sa validité et de sa fidélité. Delacroix *et al.* (2021) et Roussel (2005) s'accordent pour énoncer qu'une échelle est considérée comme valide si elle présente des corrélations significatives entre ses dimensions et des contributions factorielles élevées sur une même dimension.

Ainsi, afin de vérifier la validité de l'EPAFCH v. 1, une analyse factorielle confirmatoire (AFC) associée à des calculs de coefficients de Bravais-Pearson a été réalisée. Si les coefficients de Bravais-Pearson permettent d'étudier les corrélations entre les quatre sous-échelles de l'outil, l'AFC, quant à elle, avait pour objectif de vérifier si l'EPAFCH v. 1 s'ajustait ou non à la réalité des données, autrement dit, à la matrice des covariances observée. Pour rappel, selon Vallerand *et al.* (1989), une AFC permet de constater à quel point un modèle sur plusieurs facteurs serait supporté par l'analyse de la matrice des covariances.

Quant à la fidélité de l'EPAFCH v. 1, elle a été vérifiée à travers l'étude de sa stabilité temporelle et de sa cohérence interne, comme le préconisent Truchon *et al.* (2010). Pour faciliter la réalisation de ces différentes vérifications, les moyennes des quatre sous-échelles ont été calculées à partir des scores obtenus à chaque réponse donnée aux échelles de Likert.

4.1 MÉTHODE

La version 1 de l'EPAFCH fut distribuée en novembre et décembre 2023 à 380 étudiants infirmiers de première et de deuxième année provenant d'un autre IFSI de la métropole lilloise que celui de la première étude. En effet, la réalisation d'une AFC sur une nouvelle collecte de données permet, selon Pupion (2012), de vérifier la stabilité de la structure factorielle identifiée dans une analyse précédente. Comme pour l'étude empirique précédente, le terrain d'investigation est un IFSI mettant en œuvre une hybridation des modalités pédagogiques, notamment au travers des activités d'apprentissage proposées aux étudiants.

Les étudiants infirmiers furent sollicités lors d'un cours présentiel à l'institut. Ils reçurent les mêmes informations que ceux ayant participé à la première étude empirique. En outre, la passation du questionnaire a été réalisée selon les mêmes conditions éthiques.

4.2 PROFIL DES PARTICIPANTS

Âgés de 18 à 46 ans, 345 participants (65 hommes et 280 femmes) répondirent au questionnaire. Ces étudiants étaient inscrits, pour la majorité d'entre eux, en formation initiale. Possédant le plus souvent une expérience hybride de formation avant leur entrée en IFSI, 101 étudiants travaillaient à côté de leurs études.

4.3 OUTIL DE RECUEIL DE DONNÉES

Comme énoncé précédemment, les tests statistiques ont été réalisés sur l'EPAFCH v. 1 (voir Annexe 2). Les échelles de Likert utilisées pour les réponses au questionnaire ont été construites sur sept points. Les réponses sont formulées de « *Tout à fait d'accord* » à « *Pas du tout d'accord* ».

4.4 STRATÉGIE D'ANALYSE

Le traitement statistique a été réalisé, comme dans l'étude précédente, à l'aide du logiciel Jamovi 2.6. Tout d'abord, les conditions de réalisation de l'AFC ont été vérifiées. La v. 1 de l'EPAFCH comptant 30 items, le ratio était donc de 11,5 participants par item, valeur acceptable pour cette étude. Enfin, la distribution multivariée suivait une loi normale. Quant aux différents indices permettant de tester l'adéquation du modèle, ils ont été calculés selon les mêmes préconisations que dans la première étude empirique. Ainsi, les valeurs des chi carré, CFI, TLI, RMSEA et SRMR ont été examinées afin de déterminer la validité de l'échelle. Après le calcul des indices précédemment cités, la saturation sur les facteurs latents

a été mesurée avec le coefficient standardisé bêta. En effet, ce dernier permet de traduire le lien de chaque item avec son facteur latent, en renseignant notamment sur la saturation entre les items et leur facteur associé. Pour finir et afin de vérifier que les facteurs covarient et ne soient pas indépendants, les coefficients de corrélation interfactorielle ont été calculés. L'ensemble de ces valeurs ont été rapportées dans un diagramme structurel placé dans la section suivante. Comme annoncé précédemment, la vérification de la validité de l'EPAFCH v. 1 a également consisté en le calcul de coefficients de corrélations entre les quatre sous-échelles de l'outil, notamment par l'intermédiaire du coefficient de Bravais-Pearson.

Concernant la fidélité de l'EPAFCH v. 1, sa cohérence interne a été vérifiée à travers le calcul de l'indice oméga de McDonald, comme le préconisent Béland *et al.* (2017). En effet, selon les auteurs, l'oméga de McDonald s'avère particulièrement adapté aux construits multifactoriels. Ainsi, il correspond à la réalité des données collectées en sciences de l'éducation. Quant à la stabilité temporelle de l'échelle, c'est le *t* de Student qui a été utilisé car les quatre sous-échelles suivaient une loi normale. En effet, le test de Shapiro Wilk mettait en évidence une valeur de *p* supérieure à .05. Pour rappel, la passation du questionnaire a été réalisée en novembre et en décembre 2023. Ces deux périodes correspondent respectivement au test (t1) et au retest (t2). Sur les 380 participants sollicités, 345 ont répondu à l'EPAFCH sur la première période (t1). Cependant, un phénomène d'attrition a été constaté sur le nombre de participants entre les deux phases de test. En effet, 338 participants ont répondu à l'EPAFCH sur la deuxième période de passation (t2). Afin de préserver l'anonymat des répondants, un identifiant leur a été attribué. C'est le même identifiant qui a été utilisé pour le deuxième temps de passation afin de pouvoir comparer les réponses données par les participants sur les deux périodes de test.

Les résultats de cette deuxième étude empirique sont présentés dans la section suivante. Ils ont été scindés en deux parties. Dans la première, les résultats relatifs à la validité de l'EPAFCH v. 1 sont exposés, avec notamment ceux de l'AFC et des calculs de coefficients de corrélations. Quant à la deuxième partie, elle met en évidence les résultats se rapportant à la fidélité de l'échelle : sa stabilité temporelle et sa cohérence interne. La section se termine sur une proposition de diagramme structurel. Comme annoncé précédemment, celui-ci contient notamment les valeurs relatives aux coefficients standardisés bêta mesurant la saturation sur les facteurs latents ainsi que celles se rapportant aux coefficients de corrélation interfactorielle.

4.5 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 2

4.5.1 Validité de l'epafch v.1

Les résultats des calculs des indices d'ajustement pour la première version de l'EPAFCH ont témoigné d'un bon ajustement du modèle aux données (voir Tableau 5 ci-dessous).

Tableau 5 : Qualité d'ajustement de l'EPAFCH v. 1

	Indice	Valeurs seuils	Valeurs du modèle
Indices incrémentaux	CFI	> .90	.919
	TLI	> .90	.910
Indices de mesure absolus	Chi carré	Non significatif ($p \geq .05$)	Significatif $p < .001$
	SRMR	< .08	.0469
	RMSEA	Entre .05 et .08	.0794

Pour la plupart, les valeurs des indices de mesure absolus et incrémentaux respectaient les seuils exigés, ce qui montre que le modèle théorique posé reproduisait dans l'ensemble les données collectées. En effet et avec un intervalle de confiance à 90 %, les valeurs des indices incrémentaux sont correctes (CFI = .919, TLI = .910), tout comme celles relatives aux indices de mesure absolus (SRMR = .0469, RMSEA = .0794). Par contre, le chi carré est resté significatif ($p < .001$).

Concernant les saturations factorielles, les résultats ont montré que tous les items saturaient positivement leur facteur correspondant avec un indice de confiance de 95 %. En effet, les valeurs de l'estimation standard allaient de .673 à .945. En outre, tous les coefficients étaient significatifs et semblaient aller dans le sens attendu. En effet, la valeur de p était inférieure à .001. Ainsi, les quatre facteurs relatifs aux perceptions de l'accompagnement covariaient et n'étaient pas indépendants. Pour les calculs de coefficients de corrélations entre les quatre sous-échelles de l'EPAFCH v. 1 (voir Tableau 6 ci-dessous), les résultats ont mis en évidence des corrélations entre les quatre perceptions de l'accompagnement. En effet, avec un indice de confiance de 95 %, les valeurs des coefficients de Bravais-Pearson se situaient entre .633 et .794 avec une valeur de p significative ($< .001$). Compte tenu des résultats obtenus au travers de l'AFC et des calculs de corrélations, la validité de l'EPAFCH v. 1 a été considérée comme étant acceptable.

Tableau 6 : Coefficients de corrélation de Bravais-Pearson calculés entre les quatre sous-échelles de l'EPAFCH v. 1

	PAAR	PAI	PAA	PAVP
PAAR	–			
PAI	0.794***	–		
PAA	0.760***	0.694***	–	
PAVP	0.718***	0.701***	0.633***	–

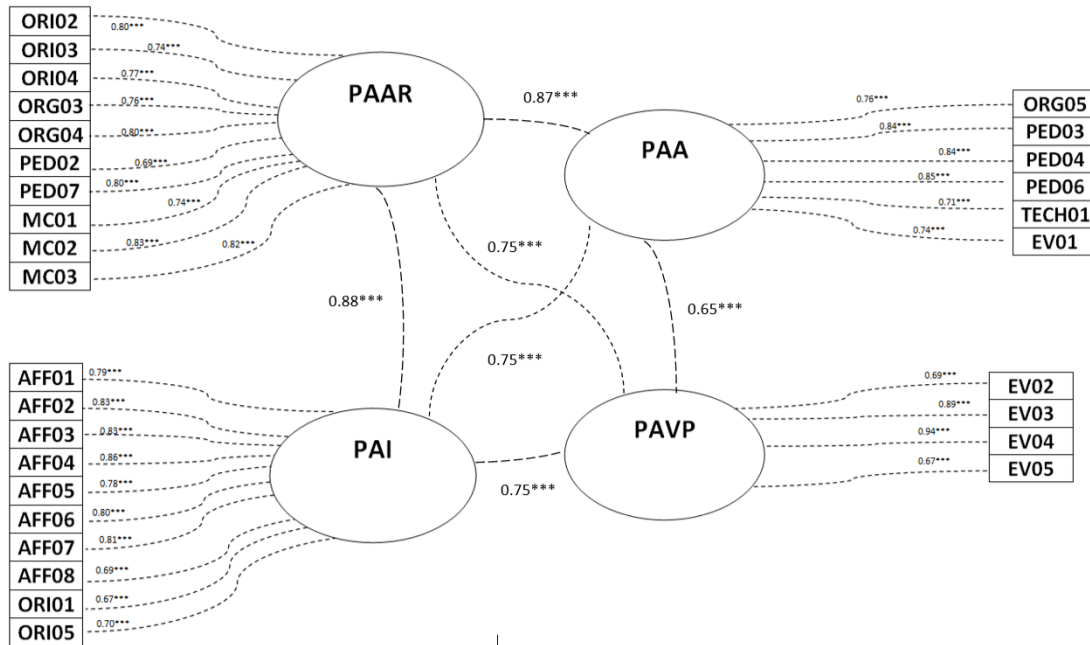
Note. $N = 345$. PAI = perception d'un accompagnement individualisé ; PAAR = perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation en formation ; PAA = perception d'un accompagnement dans l'apprentissage ; PAVP = perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant. *** $p < .001$

4.5.2 Fidélité de l'EPAFCH v. 1

Comme énoncé précédemment, la fidélité de l'EPAFCH v. 1 a été vérifiée à travers l'étude de sa stabilité temporelle et de sa cohérence interne. Avec un indice de confiance de 95 %, les résultats mettent en évidence une stabilité temporelle satisfaisante de l'échelle. En effet, ils n'ont pas montré de différence significative dans les réponses données par les participants entre les deux phases de test. Ainsi, la valeur de p est supérieure à .50 pour les quatre sous-échelles de l'EPAFCH³ (PAI ($t(337) = 0.88$, $p = .382$, $d = 0.05$; CI 95%) ; PAAR ($t(337) = 1.83$, $p = .068$, $d = 0.10$; CI 95 %) ; PAA ($t(337) = 1.37$, $p = .172$, $d = 0.07$; CI 95 %) ; PAVP ($t(337) = -0.09$, $p = .928$, $d = -0.005$; CI 95 %)). Cependant, les valeurs d de l'indice de Cohen témoignent d'une taille de l'effet faible. Concernant les résultats relatifs à la cohérence interne de l'EPAFCH v. 1, ils ont montré un taux oméga de McDonald à .907.

³Note. $N(t1) = 345$; $N(t2) = 338$. PAI = perception d'un accompagnement individualisé ; PAAR = perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation en formation ; PAA = perception d'un accompagnement dans l'apprentissage ; PAVP = perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant.

Ainsi, la cohérence interne de l'outil peut être considérée comme satisfaisante. Compte-tenu des résultats relatifs à sa stabilité temporelle et sa cohérence interne, la fidélité de l'EPAFCH v. 1 a été considérée comme étant acceptable.



Note. PAI = perception d'un accompagnement individualisé ; PAAR = perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation en formation ; PAA = perception d'un accompagnement dans l'apprentissage ; PAVP = perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant. [*** p < .001]

Figure 1 : Structure factorielle retenue pour l'EPAFCH v. 1

Avant de procéder à la discussion des résultats venant d'être énoncés, la structure factorielle de l'EPAFCH v. 1 a été représentée dans la figure 1. Cette dernière met notamment en évidence les valeurs relatives aux coefficients standardisés bêta mesurant la saturation sur les facteurs latents ainsi que celles se rapportant aux coefficients de corrélation entre les quatre facteurs du modèle.

5. DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

Cette recherche avait pour objectif d'élaborer et de valider une échelle visant à mesurer, du point de vue de la perception des apprenants inscrits en contexte hybride, l'accompagnement du formateur dans toutes ses dimensions. La définition du concept de la perception d'accompagnement a été établie en s'appuyant sur les travaux scientifiques de plusieurs auteurs. Ceux-ci ont permis de caractériser la perception des apprenants concernant l'accompagnement du formateur en formation hybride en sept dimensions :

- 1) l'accompagnement portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant ;
- 2) l'accompagnement organisationnel ;
- 3) l'accompagnement pédagogique ;
- 4) l'accompagnement socioaffectif et motivationnel ;
- 5) l'accompagnement technique ;
- 6) l'accompagnement métacognitif ;
- 7) l'accompagnement portant sur l'évaluation de l'apprenant.

En outre, une recension des écrits scientifiques en sciences de l'éducation et de la formation depuis ces dix dernières années a révélé un manque d'outils mesurant, du point de vue des apprenants, l'accompagnement de leur formateur dans les dimensions évoquées ci-dessus. Élaborée en 2020 sous la forme d'un questionnaire abordant toutes les dimensions de l'accompagnement du formateur, la version préliminaire (v. 0) de l'EPAFCH comportait 38 items répartis en sept sous-échelles.

Des analyses factorielles ont fait l'objet d'une première étude empirique, menée en 2022 auprès de 345 étudiants infirmiers. Elles ont conduit notamment à une première version de l'EPAFCH (v. 1) contenant 30 items répartis en quatre facteurs. La structuration de l'EPAFCH en quatre sous-échelles (voir Annexe 2) comporte une réelle pertinence théorique. En effet, premier facteur de l'échelle, intitulé « perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation », regroupe plusieurs dimensions de l'accompagnement du formateur : organisationnelle (ORG03 et ORG04), pédagogique (PED02 et PED07), métacognitive (MC01, MC02 et MC03) et portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant (ORI02, ORI03 et ORI04). La cohérence théorique de ce regroupement réside dans le fait que plusieurs de ces items portent sur la perception d'un encouragement par le formateur à l'autonomie en formation, tandis que d'autres font référence à la perception d'un accompagnement favorisant la responsabilisation. Pour rappel, l'accompagnement organisationnel consiste à aider l'apprenant à exercer son autonomie en formation (Paul, 2012 ; Pelletier *et al.*, 2022 ; Reilly, 2020 ; Rodet, 2012). Les items ORG03 et ORG04 illustrent parfaitement cet encouragement à la prise d'initiatives. Si l'autonomie en formation de l'apprenant peut également être facilitée par un sentiment d'appartenance à l'institut (ORI02) et à la promotion (ORI03), elle peut aussi être favorisée par l'établissement d'objectifs précis (ORI04). Ainsi, soutenu à la fois par son institution, son formateur et ses pairs, l'apprenant peut prendre les décisions qui lui semblent pertinentes pour sa formation, en adéquation avec ses objectifs personnels. De plus, en encourageant la collaboration entre les apprenants afin d'améliorer leur apprentissage (PED02), le formateur promeut leur autonomie en formation. En effet, au travers de l'entraide avec leurs pairs, les apprenants peuvent par eux-mêmes trouver la solution à leurs difficultés d'apprentissage. En outre, en l'incitant à s'interroger notamment sur les situations vécues et les émotions ressenties en formation (MC01, MC02 et MC03), le formateur aide l'apprenant à adopter une posture réflexive par rapport à ses actes. Comme le précise Paul (2012), ce procédé métacognitif permet alors à l'apprenant d'identifier les savoirs expérimentiels transférables pour agir la prochaine fois avec davantage de pertinence. Il est ainsi responsabilisé dans ses actes. Ce soutien à la responsabilisation est également favorisé par une attitude du formateur suscitant l'esprit critique de l'apprenant vis-à-vis de sa formation (PED07). Ce dernier se sent alors libre d'exprimer ce qu'il pense du dispositif de formation dans lequel il étudie.

Le deuxième facteur de l'échelle, dénommé « perception d'un accompagnement individualisé », regroupe deux items relatifs à l'accueil et l'orientation de l'apprenant (ORI01 et ORI05) aux côtés des huit autres portant sur l'accompagnement socioaffectif et motivationnel du formateur (AFF01 à AFF08). Pour rappel, la dimension socioaffective et motivationnelle de l'accompagnement se réfère, comme le pointent Glikman (2002, 2011), Paul (2009, 2020), Rodet (2011) et Rached et Gharib (2014), à la perception par l'apprenant d'une relation individualisée, ajustée entre ses besoins et ses attentes. L'item ORI05 portant sur la perception de la prise compte du projet professionnel de l'apprenant s'accorde tout à fait à la perception d'un accompagnement individualisé. Quant à l'information apportée par le formateur sur le dispositif de formation (ORI01), elle peut être perçue par l'apprenant comme la transmission singulière d'éléments importants pour le bon déroulement de sa formation.

Quant au troisième facteur de l'échelle, appelé « perception d'un accompagnement dans l'apprentissage », il renvoie également à plusieurs dimensions de l'accompagnement du formateur : organisationnel, pédagogique, technique et portant sur l'évaluation de l'apprenant. Dès lors, cette perception porte aussi bien sur une aide du formateur dans la planification du travail (ORG05) ou dans l'utilisation des outils numériques utiles pour apprendre (TECH01), que sur un soutien de celui-ci dans la préparation des évaluations (PED06 et EV01) ou dans les difficultés d'apprentissage (PED03 et PED04).

Pour le quatrième facteur de l'EPAFCH, celui nommé « perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant », il regroupe quatre items de l'accompagnement portant sur l'évaluation de l'apprenant. En favorisant son autoévaluation (EV05) ou en lui transmettant son appréciation quant à ses progrès en formation (EV02), le formateur aide l'apprenant à percevoir son évolution dans son cursus d'études. De plus, le fait de recevoir des félicitations et d'être reconnu dans ses efforts accomplis (EV03 et EV04) participe également à la perception de l'apprenant d'un accompagnement valorisant sa progression en formation.

Une deuxième étude empirique, menée en 2023 auprès de 345 étudiants issus d'un autre institut de formation que ceux sollicités durant la première étude, a pu confirmer la structuration factorielle de l'EPAFCH v. 1 en quatre sous-échelles, notamment par la mise en évidence d'un bon ajustement dans l'ensemble du modèle aux données observées. Associée à des calculs de corrélations entre les quatre sous-échelles de l'outil, l'analyse factorielle confirmatoire a témoigné d'une validité satisfaisante. Quant à la fidélité de l'EPAFCH v. 1, elle a également été considérée comme étant correcte. Ainsi, les résultats issus de cette deuxième étude ont mis en avant des propriétés psychométriques acceptables de l'échelle.

Pour conclure, bien que les propriétés psychométriques de l'EPAFCH doivent être consolidées par la réalisation d'autres analyses afin notamment de recueillir de nouveaux indices d'ajustement du modèle, les présents résultats concernant sa validité et sa fidélité semblent encourageants. La perspective principale serait de faire de l'EPAFCH un outil permettant d'optimiser les dispositifs d'aides à la réussite mis en œuvre par les établissements d'enseignement supérieur. En effet, selon De Clercq *et al.* (2022), bien qu'une énergie importante soit aujourd'hui mobilisée par les institutions d'enseignement supérieur pour promouvoir la réussite des apprenants, le manque de référentiel commun concernant les pratiques et les objectifs de l'accompagnement limite considérablement la portée des actions menées. De plus, les auteurs pointent également le manque de rigueur méthodologique dans l'évaluation des actions d'accompagnement menées auprès des apprenants. Ce bilan concernant les pratiques d'accompagnement en enseignement supérieur peut expliquer le manque d'outils mesurant, du point de vue de l'apprenant, l'ensemble des dimensions de l'accompagnement des formateurs. Il pointe également l'utilité de l'EPAFCH pour la recherche en sciences de l'éducation et de la formation.

RÉFÉRENCES

- Agbanglanon, S. et Adjanohoun, J. (2020). Continuité pédagogique face à la COVID-19 : Effets de l'accompagnement et de la connectivité sur l'acceptation du dispositif de formation à distance de l'ENSETP de Dakar. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 17(3), 56-69. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2020-v17n3-09>

- Annot, E. (2014). De l'accompagnement à la pédagogie universitaire : Quels enjeux pour la formation des enseignants-chercheurs ? *Recherche et Formation*, 77, 17-28. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2298>
- De Clercq, M., Jacquemart, J., Salmon, A. et Bachy, S. (2022). Favoriser l'évaluation des pratiques d'accompagnement de l'étudiant dans l'enseignement supérieur : Entre clarification conceptuelle et discussion méthodologique. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 48(3). <https://doi.org/10.7202/1100676ar>
- Baudrit, A. (2018). Le tutorat universitaire à distance : Examen d'une méthode basée sur la communication médiatisée par les TIC. *Revue Française de Pédagogie*, 202, 117-138. <https://doi.org/10.4000/rfp.7562>
- Beauvais, M. (2009). Penser l'accompagnement et la formation à l'accompagnement. *TransFormations-Recherche en Education et Formation des Adultes*, 2, 223-238.
- Béland, S., Cousineau, D. et Loye, N. (2017). Utiliser le coefficient omega de McDonald à la place de l'alpha de Cronbach. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 52(3), 791-804. <https://doi.org/10.7202/1050915ar>
- Bollen, K.-A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons.
- Bouhafs, M. (2021). L'usage de la plateforme Moodle à l'université marocaine : Vers un changement de rôle de l'enseignant-chercheur et de l'étudiant. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 18(1), 125-138. <https://www.ritpu.ca/fr/articles/view/462>
- Bournaud, I. et Pamphile, P. (2023). Intelligence émotionnelle et stratégies d'apprentissage des primo-entrants à l'Université. *Formation et Profession*, 31(3), 1-17. <https://doi.org/10.18162/fp.2023.844>
- Brudermann, C. et Pélissier, C. (2016). Accompagnement du développement de l'autonomie d'apprentissage en cours de langue à l'ère du Web 2.0 : Retour d'expérience. *Nouveaux Cahiers de la Recherche en Éducation*, 19(1), 33-56. <https://doi.org/10.7202/1040662ar>
- Burton, R., Borruat, S., Charlier, B., Coltice, N., Deschryver, N., Docq, F., Eneau, J., Gueudet, G., Lameul, G., Lebrun, M., Lietart, A., Nagels, M., Peraya, D., Rossier, A., Renneboog, E. et Villiot-Leclercq, E. (2011). Vers une typologie des dispositifs hybrides de formation en enseignement supérieur. *Distances et Savoirs*, 9(1), 69-96. <https://doi.org/10.3166/DS.9.69-96>
- Chaliès, S. (2018). Revue de Amaré *et al.* « Le tutorat dans la recherche-action : Un dispositif à disposition ». *Recherche et Formation*, 89, <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.4604>
- Chemsi, G., Sadiq, M., Radid, M. et Talbi, M. (2020). Évaluation d'une expérience de l'enseignement à distance par les étudiants : Étude descriptive auprès des étudiants marocains. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 17(3), 145-162. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2020-v17n3-15>
- Chen, C., Landa, S., Padilla, A. et Yur-Austin, J. (2021). Learners' experience and needs in online environments: Adopting agility in teaching. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 14(1), 18-31. <https://doi.org/10.1108/JRIT-11-2020-0073>

- Chwiłkowska-Kubala, A., Spychała, M. et Stachurski, T. (2024). Model of student engagement in the distance learning process. *Central European Management Journal*, 32(4), 534-548. <https://doi.org/10.1108/CEMJ-01-2024-0005>
- Cinotti, Y. (2018). Formation bureautique : De la tragédie classique à la formation hybride. *Colloque international : Apprendre, Transmettre, Innover à et par l'Université Saison-2*. <https://hal.science/hal-01935371>
- Corbière, M. et Larivière, N. (2020). *Méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes*, 2^e édition. Presses de l'Université du Québec.
- Cosnefroy, L. (2011). *L'apprentissage autorégulé : entre cognition et motivation*. Presses universitaires de Grenoble.
- Cosnefroy, L., Douady, J. et Hoffmann, C. (2014). L'accompagnement méthodologique. *Recherche et formation*, 77, 29-44. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2300>
- Daele, A. et Docq, F. (2002). Le tuteur en ligne, quelles conditions d'efficacité dans un dispositif d'apprentissage collaboratif à distance ? *19^e Congrès de l'AIPU (Association Internationale de Pédagogie Universitaire)*.
- Decamps, S. et Depover, C. (2011). La perception du tutorat par les acteurs de la formation à distance. Dans B. De Lièvre, C. Depover, A. Jaillet, D. Peraya et J.-J. Quintin (dir.), *Le tutorat en formation à distance* (p. 109-124). De Boeck.
- Delacroix, E., Jolibert, A., Monnot, É. et Jourdan, P. (2021). Modélisation par les équations structurelles. Dans E. Delacroix, A. Jolibert, É. Monnot, et P. Jourdan (dir.), *Marketing Research* (p. 429-476). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.delac.2021.01.0429>
- Deschryver, N., Lameul, G., Peraya, D. et Villiot Leclercq, E. (2011). Quel cadre de référence pour l'évaluation des dispositifs de formation hybrides ? *Actes du 23^e Colloque de l'Admée-Europe – Évaluation et enseignement supérieur*.
- Dicker, R., Garcia, M., Kelly, A., Modabber, P., O'Farrell, A., Pond, A., Pond, N. et Mulrooney, H. M. (2017). Student Perceptions of Quality in Higher Education: Effect of Year of Study, Gender and Ethnicity. *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*, 12(1). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1231899>
- Duchène, M., Poplimont, C. et Molina, G. (2015). Relation d'accompagnement et dynamique de groupe à l'Université : Vers une réforme pédagogique ? *La diversification de la formation professionnelle. Former et se former aujourd'hui et demain*. <https://hal.science/hal-01422902>
- Fink, A. (2010). *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper*. SAGE Publications.
- Frey, N., Hattie, J. et Fisher, D. (2018). *Developing Assessment-Capable Visible Learners, Grades K-12: Maximizing Skill, Will, and Thrill*. SAGE Publications.
- Gallardo-Echenique, E., Bullen, M. et Marqués-Molíás, L. (2016). Student Communication and Study Habits of First-Year University Students in the Digital Era. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 42(1). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1098279>
- Glikman, V. (2002). Apprenants et tuteurs : une approche européenne des médiations humaines. *Éducation Permanente*, 152, 55-69.

- Glikman, V. (2011). Tuteur à distance : une fonction, un métier, une identité ? Dans C. Depover, B. De Lièvre, D. Peraya, J.-J. Quintin, et A. Jaillet (dir.), *Le tutorat en formation à distance* (p. 137-158). De Boeck Supérieur.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. et Black, W. (1998). *Multivariate data analysis* (5th Ed.), Prentice Hall.
- Hu, L. et Bentler, P.-M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jackson, D.-L., Gillaspay, J.-A. et Purc-Stephenson, R. (2009). Reporting practices in confirmatory factor analysis: An overview and some recommendations. *Psychological Methods*, 14(1), 6-23. <https://doi.org/10.1037/a0014694>
- Jézégou, A. (2021). Hybrider la formation au-delà de l'alternance entre le présentiel et le distanciel : deux leviers pour l'action. *Cycle d'ateliers "dialogue avec la recherche"*, Bande Ka. Région Hauts-de-France.
- Khouiyi, A., St-Amand, D., Guillemette, F., Luckerhoff, J., St-Pierre, M.-J. et Diallo, M. (2022). Évaluation qualitative de trois programmes de mentorat dans des institutions d'enseignement supérieur. *Enjeux et société : approches transdisciplinaires*, 9(2), 199-221. <https://doi.org/10.7202/1092846ar>
- Lécluse-Cousyn, I. et Jézégou, A. (2023). Stratégies volitionnelles, sentiment d'autoefficacité et accompagnement étudiant : Quelles relations dans un dispositif hybride ? *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 20(3), 37-54. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2023-v20n3-03>
- Lécluse-Cousyn, I. (s. d.). *Annexes à consulter*. Annexe 3, une revue de littérature. <https://lecluseisa.wixsite.com/leclusecousyn/file-share/033a05c1-4b25-4da1-8daa-a1b0b8c6c3bb>
- Leite da Silva, A. et Altarugio, M. (2021). Les conditions favorables à la réussite d'un stage selon les stagiaires en formation au Brésil. *Formation et Profession*, 29(3), 1-13. <https://doi.org/10.18162/fp.2021.606>
- Matosas-López, L., Aguado-Franco, J. C. et Gómez-Galán, J. (2019). Constructing an Instrument with Behavioral Scales to Assess Teaching Quality in Blended Learning Modalities. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 142-165.
- Moallemi, R. (2023). The relationship between differentiated instruction and learner levels of engagement at university. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 17(1), 21-46. <https://doi.org/10.1108/JRIT-07-2022-0041>
- Moreno-Murcia, J. A., Silveira Torregrosa, Y. et BelandoPedreño, N. (2015). Questionnaire Evaluating Teaching Competencies in the University Environment. Evaluation of Teaching Competencies in the University. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 4(1), 54-61.
- Noland, A. et Richards, K. (2015). Servant Teaching: An Exploration of Teacher Servant Leadership on Student Outcomes. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 15(6), 16-38.
- Paul, M. (2009). Accompagnement. *Recherche et Formation*, 62, 91-108. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.435>

- Paul, M. (2012). L'accompagnement comme posture professionnelle spécifique. *Recherche en Soins Infirmiers*, 110(3), 13-20. <https://doi.org/10.3917/rsi.110.0013>
- Paul, M. (2020). *La démarche d'accompagnement : repères méthodologiques et ressources théoriques*. De Boeck Supérieur.
- Pelletier, C., Gaudreau, N. et Frenette, É. (2022). Portrait des pratiques enseignantes qui soutiennent le sentiment d'efficacité personnelle à réussir ses études au collégial selon les perceptions étudiantes. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 48(2). <https://doi.org/10.7202/1098345ar>
- Peraya, D., Charlier, B. et Deschryver, N. (2014). Une première approche de l'hybridation. *Éducation et Formation*, e-301, 15–34.
- Perret, C. et Demougeot-Lebel, J. (2014). Le caractère formatif d'un dispositif d'évaluation des enseignements par les étudiants (EEE). *Mesure et Évaluation en Éducation*, 37(2), 41-67.
- Poteaux, N. (2014). Accompagnement et pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur. *Recherche Formation*, 77, 87-100. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2328>
- Požarnik, B. M. et Lavrič, A. (2015). Fostering the Quality of Teaching and Learning by Developing the “Neglected Half” of University Teachers’ Competencies. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 5(2), 73-93.
- Pupion, P.-C. (2012). *Statistiques pour la gestion* (3^e éd.). Dunod.
- Qamar, M. T., Malik, A., Yasmeen, J., Sadiq, M. et Ajmal, M. (2024). Incorporating face-to-face and online learning features to propose blended learning framework for Post-COVID classrooms in India. *Asian Association of Open Universities Journal*, 19(1), 70–87. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-08-2023-0097>
- Rached, P. et Gharib, Y. (2014). Impact de l'accompagnement intégral sur la motivation des étudiants au supérieur. *Recherche et Formation*, 77, 57–71. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2309>
- Radovan, M. et Makovec, D. (2015). Relations between Students’ Motivation, and Perceptions of the Learning Environment. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 5(2), 115–138.
- Reilly, P. (2020). The Development of Student Motivation to Learn English at a University in Mexico. *International Journal of Instruction*, 13(3), 401-416.
- Rodet, J. (2011). Formes et modalités de l'aide apportée par le tuteur. Dans C. Depover, B. De Lièvre, D. Peraya, J.-J. Quintin et A. Jaillet (dir.), *Le tutorat en formation à distance* (p.159-170). De Boeck.
- Rodet, J. (2012). *Des fonctions et des plans de support à l'apprentissage à investir par les tuteurs à distance* [billet de blogue]. Blogue de t@d. <http://blogdetad.blogspot.com/>
- Roelens, C. (2024). Présent à distance, une posture d'entre-deux ? Esquisse d'une éthique de l'accompagnement numérique. *Phronesis*, 13(1), 106-125. <https://doi.org/10.7202/1108899ar>
- Roussel, P. (2005). Méthodes de développement d'échelles pour questionnaires d'enquête. Dans P. Roussel et F. Wacheux (dir.), *Management des ressources humaines* (p. 245-276). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.rouss.2005.01.0245>

- Thompson, C. J., Leonard, L. et Bridier, N. (2019). Online Discussion Forums: Quality Interactions for Reducing Statistics Anxiety in Graduate Education Students. *International Journal of E-Learning & Distance Education*, 34(1). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1227692>
- Trautwein, C. et Bosse, E. (2017). The first year in higher education—Critical requirements from the student perspective. *Higher Education*, 73(3), 371-387. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0098-5>
- Truchon, M., Rossignol, M., Tousignant, M., Durand, M. J., Schmouth, M. et Côté, D. (2010). *Dépistage précoce de l'incapacité chronique liée aux lombalgies. Élaboration et validation d'un questionnaire*. Rapport R-639, IRSST.
- Valcarcel, C., Holmes, J., Berliner, D. C. et Koerner, M. (2021). The Value of Student Feedback in Open Forums: A Natural Language Analysis of Descriptions of Poorly Rated Teachers. *Education Policy Analysis Archives*, 29(79). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1301467>
- Vallerand, R. J., Blais, M. R., Brière, N. M. et Pelletier, L. G. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME). *Revue Canadienne des Sciences du Comportement*, 21(3), 323-349. <https://doi.org/10.1037/h0079855>
- Velly, C. et Pentecouteau, H. (2022). Pratiques de l'auto-organisation régulatrice et adaptation de l'accompagnement. *Phronesis*, 11(1-2), 139-161. <https://doi.org/10.7202/1087563ar>
- Villemagne, C., Daniel, J., Correa Molina, E., Beaudoin, C., Béland, N. et Myre-Bisaillon, J. (2016). La persévérance scolaire : Le point de vue d'adultes inscrits en formation de base commune. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 42(2), 1-37. <https://doi.org/10.7202/1038460ar>
- Weisser, M., Gangloff-Ziegler, C. et Hermann, H. (2014). Perception de la qualité d'une formation universitaire par les étudiants : Étude comparative selon le mode d'orientation et l'ancienneté dans le cursus. *Mesure et Évaluation en Éducation*, 37(1), 83-108. <https://doi.org/10.7202/1034584ar>
- William, D. et Leahy, S. (2016). *Embedding formative assessment*. Hawker Brownlow Education.
- White, K. (2017). *Softening the Edges: Assessment Practices That Honor K-12 Teachers and Learners*. Solution Tree.
- Yang, Z. et Spitzer, L. (2020). A Case for Hybrid Learning: Using a Hybrid Model to Teach Advanced Academic Reading. *ORTESOL Journal*, 37, 11-22.
- Zimmerman, W. A. et Johnson, G. (2017). Exploring Factors Related to Completion of an Online Undergraduate-Level Introductory Statistics Course. *Online Learning*, 21(3), 191-205.

ANNEXES

ANNEXE 1

Version préliminaire (v-0) de l'EPAFCH (Echelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride). 38 items

Sous-échelle 1 : accompagnement socio-affectif et motivationnel		
AFF	01	Mon formateur référent soutient mon apprentissage de façon individualisée.
AFF	02	Mon formateur référent manifeste de l'intérêt pour ma situation personnelle
AFF	03	Mon formateur référent m'aide à prendre confiance en moi
AFF	04	Mon formateur référent m'aide à vivre sereinement les aléas de ma formation
AFF	05	Mon formateur est disponible pour m'écouter quand je le sollicite
AFF	06	Mon formateur référent est chaleureux et bienveillant
AFF	07	Mon formateur référent comprend ce que je vis en tant qu'étudiant(e)
AFF	08	Mon formateur référent ne me juge pas
Sous-échelle 2 : accompagnement portant sur l'accueil et l'orientation de l'apprenant		
ORI	01	Mon formateur référent m'informe sur le dispositif de formation
ORI	02	Mon formateur référent m'aide à ressentir un sentiment d'appartenance à l'institut
ORI	03	Mon formateur référent m'aide à ressentir un sentiment d'appartenance à ma promotion
ORI	04	Mon formateur référent m'aide à faire émerger les objectifs personnels de ma formation
ORI	05	Mon formateur référent prend en compte mon projet professionnel
ORI	06	Mon formateur référent m'incite à faire le point sur mes stratégies d'apprentissage
Sous-échelle 3 : accompagnement organisationnel		
ORG	01	Mon formateur référent me présente les méthodes dont j'ai besoin pour bien m'organiser
ORG	02	Mon formateur référent aide à nous organiser entre étudiants au sein du groupe de suivi pédagogique
ORG	03	Mon formateur référent m'aide à être autonome dans ma formation
ORG	04	Mon formateur référent m'encourage à prendre des initiatives concernant l'organisation de ma formation
ORG	05	Mon formateur référent m'aide dans la planification de mon apprentissage (planning de révisions...)
Sous-échelle 4 : accompagnement pédagogique		
PED	01	Mon formateur référent m'aide dans mon apprentissage en répondant à mes questions avec clarté et précision
PED	02	Mon formateur référent nous encourage à collaborer entre étudiants pour améliorer notre apprentissage
PED	03	Mon formateur référent s'adapte à mes besoins d'apprentissage (fournit des ressources complémentaires pour mieux comprendre le contenu...)
PED	04	Mon formateur référent m'aide dans mes difficultés d'apprentissage
PED	05	Mon formateur référent m'aide dans l'appropriation des méthodologies vues à l'IFSI (analyses de pratique, projets de soins...)
PED	06	Mon formateur référent m'aide dans la préparation de mes évaluations
PED	07	Mon formateur référent m'encourage à exprimer ce que je pense du dispositif de formation
Sous-échelle 5 : accompagnement technique		
TECH	01	Mon formateur référent m'aide dans l'utilisation de la plateforme pédagogique.
TECH	02	Mon formateur référent nous encourage à s'entraider entre étudiants lors de difficultés techniques

TECH	03	Mon formateur référent m'encourage à exprimer ce que je pense des outils numériques utilisés en formation
Sous-échelle 6 : accompagnement métacognitif		
MC	01	Mon formateur référent m'aide à réfléchir sur ma façon d'apprendre
MC	02	Mon formateur référent m'aide à prendre conscience de mes différents affects ressentis lors de mon apprentissage
MC	03	Mon formateur référent m'aide à prendre du recul vis-à-vis de ma formation
MC	04	Mon formateur référent m'aide à mettre en œuvre des stratégies de travail efficaces
Sous-échelle 7 : accompagnement portant sur l'évaluation de l'apprenant		
EV	01	Mon formateur référent m'informe avec clarté et précision des critères d'évaluation pour les différentes unités d'enseignement
EV	02	Mon formateur référent me transmet son évaluation concernant ma progression en formation
EV	03	Mon formateur référent me félicite lorsque je réussis
EV	04	Mon formateur référent valorise mes efforts et mes progrès
EV	05	Mon formateur référent m'aide à m'autoévaluer

ANNEXE 2

Première version (v. 1) de l'EPAFCH (Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride). 30 items.

Sous-échelle 1 : perception d'un accompagnement à l'autonomie et à la responsabilisation		
ORI	02	Mon formateur référent m'aide à ressentir un sentiment d'appartenance à l'institut
ORI	03	Mon formateur référent m'aide à ressentir un sentiment d'appartenance à ma promotion
ORI	04	Mon formateur référent m'aide à faire émerger les objectifs personnels de ma formation
ORG	03	Mon formateur référent m'aide à être autonome dans ma formation
ORG	04	Mon formateur référent m'encourage à prendre des initiatives concernant l'organisation de ma formation
PED	02	Mon formateur référent nous encourage à collaborer entre étudiants pour améliorer notre apprentissage
PED	07	Mon formateur référent m'encourage à exprimer ce que je pense du dispositif de formation
MC	01	Mon formateur référent m'aide à réfléchir sur ma façon d'apprendre
MC	02	Mon formateur référent m'aide à prendre conscience de mes différents affects ressentis lors de mon apprentissage
MC	03	Mon formateur référent m'aide à prendre du recul vis-à-vis de ma formation
Sous-échelle 2 : perception d'un accompagnement individualisé		
AFF	01	Mon formateur référent soutient mon apprentissage de façon individualisée.
AFF	02	Mon formateur référent manifeste de l'intérêt pour ma situation personnelle
AFF	03	Mon formateur référent m'aide à prendre confiance en moi
AFF	04	Mon formateur référent m'aide à vivre sereinement les aléas de ma formation
AFF	05	Mon formateur est disponible pour m'écouter quand je le sollicite
AFF	06	Mon formateur référent est chaleureux et bienveillant
AFF	07	Mon formateur référent comprend ce que je vis en tant qu'étudiant(e)
AFF	08	Mon formateur référent ne me juge pas
ORI	01	Mon formateur référent m'informe sur le dispositif de formation
ORI	05	Mon formateur référent prend en compte mon projet professionnel
Sous-échelle 3 : perception d'un accompagnement dans l'apprentissage		
ORG	05	Mon formateur référent m'aide dans la planification de mon apprentissage (planning de révisions...)
PED	03	Mon formateur référent s'adapte à mes besoins d'apprentissage (fournit des ressources complémentaires pour mieux comprendre le contenu...)
PED	04	Mon formateur référent m'aide dans mes difficultés d'apprentissage
PED	06	Mon formateur référent m'aide dans la préparation de mes évaluations
TECH	01	Mon formateur référent m'aide dans l'utilisation de la plateforme pédagogique.
EV	01	Mon formateur référent m'informe avec clarté et précision des critères d'évaluation pour les différentes unités d'enseignement
Sous-échelle 4 : perception d'un accompagnement valorisant la progression de l'apprenant		
EV	02	Mon formateur référent me transmet son évaluation concernant ma progression en formation
EV	03	Mon formateur référent me félicite lorsque je réussis
EV	04	Mon formateur référent valorise mes efforts et mes progrès
EV	05	Mon formateur référent m'aide à m'autoévaluer

ANNEXE 3

Charges factorielles de l'EPAFCH (Échelle de Perception de l'Accompagnement du Formateur en Contexte Hybride) en quatre facteurs avec rotation oblique (N=345).

	Facteurs				Unicité
	1	2	3	4	
AFF01		0.599			0.3810
AFF02		0.669			0.3450
AFF03		0.507			0.3187
AFF04		0.519			0.2846
AFF05		0.744			0.4164
AFF06		0.878			0.2664
AFF07		0.670			0.3706
AFF08		0.687			0.4147
ORI01		0.359			0.4992
ORI02	0.544				0.3151
ORI03	0.420				0.4544
ORI04	0.638				0.3778
ORI05		0.432			0.5995
ORG03	0.600				0.4920
ORG04	0.790				0.3870
ORG05			0.714		0.4314
PED02	0.466				0.5320
PED03			0.713		0.2892
PED04			0.671		0.3322
PED06			0.847		0.2524
PED07	0.629				0.4317
TECH01			0.754		0.4368
MC01	0.656				0.4321
MC02	0.835				0.2604
MC03	0.751				0.3191
EV01			0.542		0.5074
EV02				0.502	0.5268
EV03				0.821	0.2373
EV04				0.939	0.0808
EV05				0.417	0.4516

Continuité phygitale des activités collaboratives hybrides de fabrication dans les FacLabs

Phygital Continuity of Hybrid Collaborative Fabrication Activities in FacLabs

Nathalie BORGOGNON¹; Laurent MOCCOZET¹; Gaëlle MOLINARI²

¹RISIS, Centre Universitaire Informatique (CUI), Université de Genève

²TECFA, Université de Genève

Résumé. Notre contribution s'inscrit dans le cadre des FacLabs, espaces académiques inspirés des FabLabs, dédiés à la co-création et à la fabrication numérique en milieu universitaire. Ces espaces se caractérisent par une hybridité multidimensionnelle, où les étudiants évoluent entre des environnements physiques et numériques, produisent des artefacts tangibles et intangibles, et travaillent en groupe ou individuellement, en présentiel ou à distance, de manière synchrone ou asynchrone. L'étude explore la continuité phygitale, un concept qui vise à intégrer de manière fluide les espaces physiques et numériques en surmontant les discontinuités propres à l'hybridité. La métaphore de l'écotone, empruntée à l'écologie, est utilisée pour décrire les transitions complexes entre les dimensions de cette hybridité et analyser les interactions qu'elles génèrent. Ce cadre conceptuel a conduit à l'identification de technologies-passerelles capables de réduire les discontinuités, inspirées des métaverses mais éloignées de leur logique hyperréaliste. Ces technologies incluent la réalité augmentée, les interfaces tangibles, le retour haptique et l'Internet des objets, toutes coordonnées par un Scene Graph Phygital. Cette structure de données hiérarchique centralise et gère les traces numériques issues des différentes dimensions d'hybridité.

Mots-clés : FacLab, Fabrication Numérique, Collaboration orientée Objets, Environnement d'Apprentissage Hybride, Hybridité, Continuité, Écotone.

Abstract. *Our contribution is situated in the context of FacLabs, academic spaces inspired by FabLabs and dedicated to co-creation and digital fabrication in university environments. These spaces are characterized by a multidimensional hybridity that spans the interplay between physical and digital environments, tangible and intangible artifacts, and various forms of collaboration—whether in groups or individually, in person or remotely, synchronously or asynchronously. The study examines the concept of phygital continuity, aiming to create a seamless integration of physical and digital spaces by addressing the discontinuities inherent in hybridity. The ecotone metaphor, drawn from ecology, is employed to illustrate and analyze the complex transitions between these dimensions and the interactions they generate. This conceptual framework identifies bridging technologies, inspired by metaverses but distinct from their hyper-realistic approach, including augmented reality, tangible interfaces, haptic feedback, and the Internet of Things. These technologies are coordinated by a phygital scene graph, a hierarchical data structure designed to centralize and manage digital traces across hybrid dimensions.*

Keywords : *FacLab, Digital Fabrication, Object-Oriented Collaboration, Hybrid Learning Environment, Hybridity, Continuity, Ecotone.*

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE

Cette rubrique résulte de la combinaison de plusieurs points de vue disciplinaires – les technologies éducatives, l’informatique et l’interaction humain-machine – sur l’hybridité dans les FacLabs, les discontinuités en termes d’actions et d’interactions qu’elle peut introduire, et la manière dont des technologies peuvent être conçues pour assurer la continuité de l’activité.

Les FacLabs sont des espaces collaboratifs dédiés à la fabrication numérique. De par leur inscription physique et institutionnelle au sein de l’université, ils représentent un hybride des FabLabs, ces tiers-lieux informels conçus pour démocratiser l’accès aux idées et aux outils permettant à chacun de devenir producteur plutôt que consommateur, offrant à tous l’opportunité d’apprendre en créant et encourageant une participation productive à la société de connaissances (Mersand, 2021).

Les FacLabs se distinguent par une hybridité que nous qualifierons de multiple ou multi-dimensionnelle, où plusieurs dimensions s’entremêlent de manière complexe. Les étudiants naviguent entre espaces physiques et numériques (physique/numérique), tout en produisant des artefacts tangibles, comme des prototypes physiques, et intangibles, tels que des idées, des processus ou du contenu numérique (tangible/intangible). Ces artefacts, qu’ils soient matériels ou immatériels, constituent des leviers essentiels pour la réflexion et la création, y compris dans le contexte pédagogique des FacLabs (Morin et Moccozet, 2021). Par ailleurs, ils travaillent soit en groupe, soit individuellement (individuel/groupe), en présence ou à distance (présence/distance), et de manière synchrone ou asynchrone (synchrone/asynchrone). Enfin, leur activité peut être encadrée par un dispositif pédagogique prescrit ou émerger de manière autodéterminée (formel/informel).

La présente contribution est le fruit d’une activité commune de « fabrication » visant à élaborer un cadre conceptuel et méthodologique destiné à orienter la conception et le développement de technologies facilitant les transitions entre les différentes dimensions d’hybridité dans un environnement d’apprentissage comme les FacLabs. Nous avons ainsi choisi d’ancrer ce dernier dans une approche transdisciplinaire, qui dépasse la simple opposition entre le numérique et l’analogique en soulignant son intégration indissociable avec de nombreux aspects de la vie quotidienne. Nous avons également décidé d’utiliser le concept d’éco-tone, emprunté à l’écologie, comme autre perspective pour étudier l’hybridité en nous plaçant dans le contexte des FacLabs, qui, comme nous le verrons dans la section suivante, se présentent comme l’exemple type d’environnements hyper-hybridite. Nous avons également développé le concept de (dis-)continuité phygitale pour décrire les « va-et-vient » que les étudiants font entre les différentes dimensions d’hybridité, et l’avons associé à des propositions de technologies-passerelles pour favoriser la continuité des actions et interactions dans une collaboration orientée objets. Nous vous invitons à explorer ces différentes notions et à découvrir comment nous les avons mobilisées tout au long de cet exposé.

2. LE FACLAB, UNE VARIANTE ACADEMIQUE DE FABLAB

Selon une définition très pragmatique, « les FabLabs mettent à disposition de leurs utilisateurs des lieux équipés, notamment de machines à commande numérique (découpeuse à laser, découpeuse de vinyle, fraiseuse, etc.) » (Lhoste et Barbier, 2015). Ces espaces présentent une valeur pédagogique significative pour l’enseignement supérieur, de par la nature et le fonctionnement des communautés qui les utilisent et la façon dont l’apprentissage s’y joue.

2.1. DU FABLAB AU FACLAB

Le terme FacLab désigne une variante académique du FabLab, et fait référence à un mouvement plus large qui vise à intégrer les pratiques de fabrication numérique dans le monde académique (Galan et Musiani, 2019). Le premier FacLab Suisse a été installé à l'Université de Genève (faclab.unige.ch), dans l'ancien local d'une cafétéria du campus Battelle. D'autres FacLabs sont en projet avec l'objectif de créer un réseau qui permettra d'étendre les capacités et les ressources de chaque FacLab à l'ensemble.

L'installation de FacLabs à l'université peut aller de la simple offre d'espaces pour fabriquer à l'exploitation de leur rôle d'intermédiaires ou de catalyseurs dans l'atteinte d'objectifs qui peuvent être significatifs pour le monde professionnel. Par exemple, les FacLabs peuvent être utilisés pour développer l'esprit entrepreneurial académique (Angrisani, Arpaia, Bonavolonta et Lo Moriello, 2018 ; Angrisani, Arpaia, Capaldo *et al.*, 2018 ; Secundo *et al.*, 2020) ou pour promouvoir l'enseignement des Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM) (Lorenzo, 2017 ; Pernia-Espinoza *et al.*, 2017).

Dans le contexte de la transformation de l'enseignement supérieur, plusieurs auteurs soulignent les défis et les difficultés que peut représenter l'intégration des FacLabs (Archieri et Jaouen, 2020 ; Stickel *et al.*, 2019). L'enjeu est notamment d'intégrer dans le fonctionnement des FacLabs les principes fondamentaux auxquels les FabLabs adhèrent : la liberté, au sens de l'autonomie ainsi que le libre accès et la libre circulation de l'information ; la méfiance à l'égard de l'autorité, c'est-à-dire l'opposition au style d'organisation traditionnel descendant ; l'adoption de l'apprentissage par la pratique ainsi que des méthodes d'apprentissage entre pairs, par opposition aux approches traditionnelles d'enseignement formel ; le partage, la solidarité et la coopération (Kostakis *et al.*, 2015). Il est nécessaire que ces principes se maintiennent dans leur application académique pour garantir l'intégrité et l'efficacité de ces espaces.

2.2. UN ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE HYBRIDE

Dans sa démarche, le FacLab élargit le champ de la fabrication au-delà des artefacts tangibles pour inclure également des artefacts intangibles, grâce à l'introduction d'outils numériques spécifiques qui rendent cela possible. De plus, il consolide la démarche de terrain d'innovation en intégrant des méthodes de conduite de projet comme le Design Thinking (Plattner *et al.*, 2013). Ces méthodes s'inscrivent dans une approche de conception centrée sur l'utilisateur final, itérative et basée sur une collaboration multidisciplinaire. Cette même approche est utilisée pour accompagner et soutenir de nombreuses implémentations de FabLabs dans le domaine de l'éducation (Pitkänen et Andersen, 2018 ; Smith *et al.*, 2015).

Le FacLab est, par définition, organisé autour d'un espace physique. L'ouverture de son accès à l'ensemble des membres de l'Université et à la cité, ainsi que le développement de ses activités, se heurtent à des contraintes pratiques telles que les horaires d'ouverture et l'espace disponible. Ces contraintes peuvent, bien entendu, se dépasser techniquement, sous réserve de moyens disponibles, en augmentant la superficie disponible ou en élargissant les horaires d'ouverture. Cependant, ces limites se poseront à nouveau dès qu'elles seront atteintes. A titre d'illustration, en 2020, la population étudiante rattachée à l'Université de Genève s'élevait à 19 000, pour une superficie actuelle du FacLab de 320 m². Il devient ainsi nécessaire de réfléchir à l'extension des activités du FacLab en dehors de ses murs physiques, à distance, tout en préservant les caractéristiques et le fonctionnement qui en font sa singularité.

La cohabitation des espaces physiques et numériques, la production d'objets tangibles et intangibles, ainsi que l'expansion des activités de fabrication au-delà des murs, à distance,

font du FacLab un environnement d'apprentissage résolument hybride. Le potentiel innovant et pédagogique du FacLab réside dans l'opportunité qu'il offre aux étudiants de naviguer entre plusieurs dimensions d'hybridité. Dans ce contexte, cette hybridité multidimensionnelle peut également être comprise comme une hyperhybridité, au sens de Nørgård et Hilli (2022), où ces dimensions hybrides ne se contentent pas de coexister, mais s'entrelacent simultanément. Cet entrelacement génère des interactions dynamiques entre le physique et le numérique, le tangible et l'intangible, le collectif et l'individuel, redéfinissant les frontières traditionnelles de l'apprentissage. Cette complexité exige une conception pédagogique et technologique adaptée pour fluidifier les transitions entre ces dimensions et garantir leur intégration harmonieuse.

Dans la section suivante de cet article, nous examinons l'hybridité en éducation à travers la métaphore de l'écotone, qui nous invite à explorer les zones de transition et d'interaction entre différentes dimensions d'hybridité dans un environnement d'apprentissage. Nous abordons également les défis liés à ces transitions, notamment les discontinuités dans les actions et interactions que les étudiants peuvent rencontrer dans un FacLab en raison de cette hybridité. Nous discutons ensuite de la manière dont les technologies numériques peuvent soutenir la continuité dite « phygitale » des activités.

3. DE L'HYBRIDITE EN EDUCATION A LA CONTINUITE PHYGITALE EN FACLAB

3.1. DE L'HYBRIDITE COMME MELANGE A L'HYBRIDITE COMME FLUIDE

L'hybridation en éducation constitue désormais un axe de recherche et de pratique en plein essor, intégrant divers contextes de formation. L'urgence éducative engendrée par la pandémie de COVID-19 a non seulement amplifié l'intérêt pour les modèles hybrides, mais a également élargi le champ d'investigation pour inclure des aspects souvent négligés, tels que la continuité pédagogique et les dimensions motivationnelles et émotionnelles de l'apprentissage (Molinari *et al.*, 2022).

Eyal et Gil (2022) explorent la façon dont la notion d'hybridité en éducation a évolué au cours de ces deux dernières décennies. Les chercheuses identifient trois perspectives qui se sont successivement développées. La première (années 2000 ; *hybrid as blended*) considère l'hybridité comme un mélange, une combinaison de lieux d'apprentissage, qu'ils soient en ligne ou en présentiel. Dans cette perspective, les environnements physiques et numériques se combinent ou se substituent mutuellement. La visée est de déplacer des activités d'apprentissage vers des plateformes en ligne tout en réduisant, sans l'éliminer, le temps passé en classe. L'accent est mis sur la transformation technique des méthodes d'enseignement-apprentissage. La seconde perspective (*hybrid as a space of merging interactions*) est inspirée de la biologie, et voit l'hybridité comme une fusion d'éléments d'origines diverses pour créer quelque chose de nouveau et d'unique. Concomitante à l'évolution des technologies mobiles et des réseaux sociaux dans les années 2010, cette perspective renvoie à la mobilité constante des personnes, perpétuellement connectées à Internet et aux autres via leurs téléphones mobiles. Le physique et le numérique se fondent ainsi en un écosystème techno-social en constante évolution en raison de ce nomadisme. L'accent est mis sur la dimension sociale de l'apprentissage, et sur le fait que les barrières entre les interactions en face-à-face et celles médiatisées par ordinateur deviennent floues. La dernière perspective (années 2020 et au-delà ; *hybrid as fluid*) associe l'hybridité à la notion de fluidité et la positionne comme un vecteur créatif de transition entre les traditionnelles dichotomies telles que le formel versus l'informel ou l'usage de la technologie versus son absence. Dans cette

perspective, l'accent est mis sur l'autonomie des apprenants, leur motivation personnelle, et leur capacité à organiser eux-mêmes leur environnement personnel d'apprentissage (Felder, 2019) sans être contraints par des règles ou des normes scolaires ou académiques préétablies. L'apprentissage est ainsi perçu comme un processus continu et personnalisé, tout au long de la vie, sans limites fixes en termes de temps, d'espace ou de méthodes.

Ces deux dernières perspectives font écho à la façon dont le courant postnumérique (*post-digital*) aborde l'hybridation en éducation (Carvalho et Lamb, 2023). Apparue publiquement en 2000, ce courant se déploie à travers une grande variété de domaines tels que la philosophie, l'éducation et les arts. La recherche postnumérique vise à dépasser les binarismes et dualismes comme structures fondamentales. Elle prône une approche transdisciplinaire, et soutient l'indivisibilité du numérique avec de nombreux aspects de la vie contemporaine. Dans cette optique, le terme « numérique » cède la place à « postnumérique » pour qualifier quelque chose de « difficile à définir ; désordonné ; imprévisible ; numérique et analogique ; technologique et non-technologique ; biologique et informationnel » (Jandric' *et al.*, 2018). Le courant postnumérique envisage les technologies numériques comme faisant partie d'un « enchevêtrement » (*entanglement*) d'éléments humains et non-humains interconnectés, qui s'influencent mutuellement (Fawns, 2022). Cette vision met en lumière la nature politique de la technologie qui, loin d'être « neutre », reflète les hypothèses et visions du monde de ses concepteurs et s'inscrit dans des structures d'autorité et de pouvoir. Ainsi, les technologies numériques peuvent soit perpétuer et renforcer des inégalités existantes, soit servir d'outils d'émancipation. Par ailleurs, ce courant critique le discours dominant d'une approche instrumentaliste qui traite la technologie comme un moyen (par exemple, pour « amplifier l'humanité » comme le souhaite Altman au sujet de ChatGPT (Altman, 2023)), simplifiant à l'excès les relations complexes entre la technologie, ses utilisateurs et les contextes dans lesquels elles s'inscrivent. Cette façon de penser et d'appréhender les technologies peut trouver écho dans le paradigme constructiviste de la modélisation systémique de la complexité, tel que décrit par Trestini (2019) dans le cadre des environnements numériques d'apprentissage.

Plusieurs chercheurs ont proposé des définitions variées de l'enseignement hybride, et Paquelin et Lachapelle-Bégin (2022) en recensent plus d'une vingtaine. Dans la littérature francophone, la définition de Charlier *et al.* (2006) est souvent citée ; elle met le focus sur la mise à distance des activités d'apprentissage, s'alignant ainsi sur la perspective de l'hybridité en tant que mélange. Cependant, pour Paquelin et Lachapelle-Bégin (2022), l'hybridation transcende la simple alternance entre présence et distance. Précisons ici que nous parlons d'hybridation pour faire référence au processus de conception pédagogique qui consiste en la combinaison « cohérente et fertile » (p. 9) de multiples dimensions du processus d'enseignement-apprentissage, incluant l'espace, le temps, la dynamique sociale, les outils et ressources, la pédagogie, les objectifs et l'évaluation. L'hybridité est le résultat ou l'état de cette combinaison, ce qui est le cas lorsque : les activités d'enseignement-apprentissage ont lieu dans des espaces physique (e.g., une salle de cours) et numérique (e.g., une plateforme d'apprentissage), académique (e.g., une université) et non-académique (e.g., un FabLab) ; elles sont réalisées en synchrone et en asynchrone ; en individuel et en groupe ; en autonomie et sous la supervision d'un enseignant ; elles font intervenir non seulement des enseignants mais aussi des personnes externes, qu'elles mêlent des élèves de différentes classes, de différents niveaux ; elles s'appuient sur une multitude de ressources dans plusieurs formats médiatisés (e.g., textes, vidéos, jeux) et sollicitent une variété d'outils remplissant différentes fonctions (e.g., information, collaboration, production) ; elles visent l'acquisition de connaissances (e.g., cours) et la mise en application des compétences (e.g., projets collaboratifs) ; elles sont associées à des types (e.g., diagnostique, formative, sommative) et des méthodes d'évaluation (e.g., questionnaires, productions, évaluation par les pairs) diversifiés.

Dans ce contexte complexe, les technologies numériques peuvent jouer un rôle déterminant en élargissant l'éventail des possibilités de métissage entre ces différentes dimensions.

3.2. L'ÉCOTONE : UNE MÉTAPHORE POUR PENSER AUTREMENT L'HYBRIDITÉ EN ÉDUCATION

L'hybridation en éducation donne naissance à quelque chose de nouveau et encore difficilement identifiable. La métaphore de l'écotone, issue de la biologie et de l'écologie, offre un cadre utile pour comprendre ce « nouveau » qui émerge des dispositifs hybrides d'enseignement-apprentissage. Ces écotones, en tant que zones de transition, englobent des dimensions affectives, conceptuelles, spatiales et matérielles, caractérisées par des tensions et des contradictions qui coexistent dans la pratique (Ryberg *et al.*, 2021). Ils permettent de dépasser les dichotomies traditionnelles, comme le numérique versus l'analogique, et de mettre en lumière la coexistence et la juxtaposition des éléments physiques et numériques, tout en intégrant les notions de chevauchement, de gradient et de fluidité. Pour mieux comprendre comment ces dynamiques se traduisent dans les environnements éducatifs, il est utile de revenir à la définition biologique de l'écotone et aux caractéristiques qui en font un cadre pertinent pour analyser l'apprentissage hybride.

L'écotone désigne une zone de transition, plus ou moins étendue, permettant le contact entre deux écosystèmes distincts. Par exemple, l'écotone entre une forêt et un sommet de montagne inclut des broussailles puis des pâturages (voir Figure 1). Au sein de cette zone frontière, une interaction dynamique se produit, impliquant les organismes, les matériaux, l'énergie, et le flux d'informations entre les écosystèmes adjacents. Ces interactions dynamiques catalysent la formation de nouvelles niches écologiques et contribuent à une augmentation significative de la biodiversité (Svenkerud *et al.*, 2020). Ainsi, l'écotone se distingue par une diversité spécifique supérieure à celle des écosystèmes qu'il sépare.

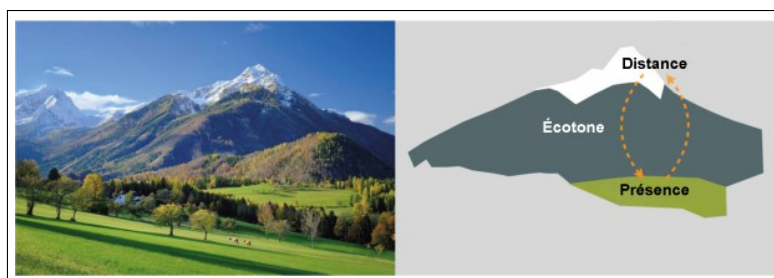


Figure 1 : De l'écotone forêt-montagne à l'écotone présence-distance

Il n'est pas rare que les recherches en sciences de l'éducation mobilisent des concepts écologiques, en particulier lorsqu'il s'agit de saisir un phénomène de manière globale et contextuelle. Cette démarche permet de faire contrepoids à des perspectives causales et réductionnistes (Svenkerud *et al.*, 2020). Le concept de frontières, proche de celui d'écotone, est notamment sollicité pour rendre compte des différences socioculturelles entre communautés de pratique. Pour illustrer ce concept, Akkerman et Bakker (2011) donnent l'exemple des enseignants stagiaires qui doivent composer avec les divergences en termes de valeurs pédagogiques pouvant exister entre le programme de formation auquel ils sont soumis en tant qu'apprenants, et les écoles dans lesquelles ils enseignent. Ces différences peuvent créer des discontinuités en termes d'action et d'interaction. Pour Engeström *et al.* (1995), ces frontières constituent autant d'opportunités à apprendre, car elles mettent les individus au défi de les « franchir » (boundary crossing), en négociant et combinant « *des éléments issus de contextes différents pour parvenir à des situations hybrides* » (p. 319). Non seulement les

individus, mais aussi les objets peuvent jouer un rôle essentiel dans le franchissement de frontières. Les objets frontières sont des artefacts qui remplissent une fonction de liaison. Ils permettent une continuité des actions et interactions entre deux contextes en offrant une structure commune, adaptable aux besoins locaux, tout en maintenant une identité partagée. Par exemple, les portfolios des enseignants stagiaires servent de moyens par lesquels leurs mentors et superviseurs académiques peuvent conjointement suivre et évaluer la progression de leurs apprentissages (Akkerman et Bakker, 2011).

Dans le contexte de l'hybridité en éducation, Ryberg *et al.* (2018) utilisent la notion d'écotone pour rendre compte de l'interaction complexe entre le physique et le numérique à travers deux exemples tirés d'une recherche sur l'apprentissage par problèmes chez des étudiants en architecture et design. Le premier exemple montre comment des ressources numériques peuvent être matérialisées dans un espace physique de travail : des croquis dessinés à la main côtoient des impressions de dessins informatiques et des images issues de Pinterest. Dans le second exemple, un groupe d'étudiants discute de la conception d'un immeuble de bureaux, et alterne entre l'utilisation de modèles en polystyrène, de croquis sur iPad, et de modèles 3D sur ordinateur. Dans ces deux exemples, les artefacts comme l'activité sont composites (*digitalanalog*). Les étudiants naviguent continuellement entre le travail analogique et le travail numérique. Comme le « franchissement de frontières » décrit par Engeström *et al.* (1995) dans les situations de polycontextualité, ce va-et-vient, que nous pourrions également qualifier de « nomadisme » (Rossitto et Eklundh, 2007), peut représenter une source de potentialités et permettre aux étudiants de développer de nouvelles compétences. En contrepartie, il peut également engendrer des tensions liées aux discontinuités qu'il introduit. Par exemple, dans le contexte des études en architecture et design, un tel aller-retour entre le physique et le numérique peut être associé à des tensions identitaires auxquelles les étudiants sont confrontés, tiraillés entre l'approche artistique de l'architecte et l'approche scientifique de l'ingénieur.

Tout comme Ryberg *et al.* (2018), nous proposons la notion d'écotone comme une nouvelle perspective pour analyser et enrichir notre compréhension des environnements d'apprentissage hybrides. Ce concept nous invite à questionner les maillages particuliers formés par l'interconnexion des différentes dimensions d'hybridité mobilisées dans l'environnement (physique/numérique, en ligne/hors-ligne, synchrone/asynchrone, individu/collectif, formel/informel, université/monde du travail, processus/produit, etc.), leurs caractéristiques spatiales, matérielles, physiques mais également pédagogiques et psychologiques, ainsi que les discontinuités qu'ils peuvent introduire. Il s'agit ainsi de mieux comprendre ce que ces maillages peuvent produire en termes d'activité, comment ils sont vécus par les apprenants et les enseignants, ou encore ce qui peut faire « passerelle » entre les différents contextes au sein desquels les étudiants apprennent. Par exemple, nous pouvons envisager l'écotone présence/distance (Figure 1) comme les éléments pédagogiques que l'enseignant mobilise dans un cours en présence pour préparer les étudiants au travail autonome pendant la période à distance. Il peut également inclure les éléments de l'expérience cognitive, émotionnelle et sociale que les étudiants ont eu de ce cours (la compréhension qu'ils ont eu des concepts abordés, les émotions qu'ils ont ressenties, les échanges qu'ils ont pu avoir avec leurs enseignant(s) et pairs, etc.) et qu'ils réactivent en mémoire lorsqu'ils se mettent à travailler à la maison. Enfin, l'écotone peut contenir des traces plus « objectives » de ce qui s'est passé en présence, comme les productions d'apprenants réalisées en groupe, qui doivent faire l'objet de modifications pendant une période de travail individuel asynchrone ultérieure.

Dans l'approche dispositionnelle - au sens de Foucault cité par Raffnsøe (2008), la notion d'écotone peut faire sens puisqu'elle réfère à une entité relationnelle hétérogène et dynamique qui peut devenir un « *intermédiaire pour d'autres dispositifs* » (p. 16). Cependant,

cette perspective ne saisit pas pleinement l'essence de l'hybridité en éducation telle que nous la concevons. En effet, contrairement aux dispositifs qui, par définition, visent à imposer une manière d'agir en « disciplinant » les relations et les comportements pour atteindre des objectifs précis, l'écotone nous permet d'envisager les environnements d'apprentissage hybrides comme des entités qui « émergent » telle une « matière vivante » (Raffnsøe, 2008) (p. 88) et qui peuvent être le lieu de nouvelles formes d'apprentissage et de relations entre les apprenants et les enseignants. Les recherches inscrites dans une perspective dispositionnelle visent régulièrement à construire une typologie des dispositifs hybrides de formation (Peltier et Séguin, 2021). Bien que ces recherches aient principalement une visée compréhensive, une telle typologie peut involontairement induire un cadre normatif pour les actions et interactions (Borruat *et al.*, 2012). Notre perspective d'analyse se distingue d'une telle approche puisqu'il s'agit de mieux saisir l'émergence, la complexité et la richesse des interactions dans les environnements hybrides. Cela implique le développement d'un cadre méthodologique spécifique capable de saisir pleinement ces dynamiques.

3.3. DISCONTINUITÉ PHYGITALE DANS LES ACTIVITÉS COLLABORATIVES EN FACLAB

Comme précédemment évoqué, le FacLab constitue un environnement d'apprentissage hybride, organisé autour de plusieurs axes de discontinuité, notamment ceux qui séparent le physique et le numérique, le tangible et l'intangible, l'individuel et le collectif, le formel et l'informel ainsi que la présence et la distance. Les activités au sein du FacLab naviguent continuellement entre ces différentes dimensions. Le terme « phygital » est utilisé pour qualifier l'ensemble de ces discontinuités. Ce néologisme, fusion des mots « physique » et « digital », a été proposé par Paquelin et Tendeng (2020) pour exprimer le double ancrage socio-spatial de l'apprentissage, à la fois physique et numérique. De cette double spatialité découle la possibilité de varier les modalités temporelles de l'activité, cette dernière pouvant avoir lieu en temps réel (synchrone) ou en différé (asynchrone). Ainsi, la phygitalité englobe à la fois les espaces et les temps, et réfère à la diversité des configurations spatio-temporelles dans lesquelles les activités d'apprentissage peuvent se réaliser.

Différents types de discontinuité phygitale sont présents dans les activités de fabrication numérique qui amènent les étudiants à créer des versions aussi bien physiques (tangibles) que numériques (intangibles) d'un objet donné. Ces discontinuités peuvent se manifester lorsque les activités se déroulent à la fois dans un espace physique et dans un espace virtuel. Cela peut être le cas lorsqu'une partie des étudiants travaille à modéliser des objets intangibles dans un ou plusieurs environnements numériques, tandis que l'autre partie est responsable de la production de leur version matérielle tangible. C'est également le cas en situation de collaboration hybride synchrone (ou co-modalité) lorsque certains membres du groupe travaillent au sein du FacLab, tandis que d'autres participent à distance. Par ailleurs, la nature à long-terme de certains projets nécessite une alternance entre présence et distance, obligeant les étudiants à poursuivre leurs travaux en dehors du FacLab. Cela peut les amener à diviser les tâches pour un travail individuel asynchrone à distance, ou à planifier des sessions de travail collaboratif synchrones, que ce soit à distance ou dans un autre lieu physique que le FacLab.

À notre connaissance, peu de recherches documentent le vécu des discontinuités phygitales dans des environnements d'apprentissage collaboratif comme les FacLabs (Rossitto *et al.*, 2014 ; Ryberg *et al.*, 2018). Plusieurs questions se posent néanmoins qui concernent les différentes configurations de discontinuité auxquelles les étudiants peuvent être confrontés, et la manière dont ces configurations affectent différemment le travail de groupe et l'apprentissage. Ryberg *et al.* (2018) et Rossitto *et al.* (2014) décrivent les pratiques que les étudiants

mettent en place pour combler les discontinuités dans des environnements d'apprentissage collaboratif hybrides. Ces pratiques sont comparées à des écotones (Ryberg *et al.*, 2021), dont les dimensions sont non seulement spatio-temporelles et matérielles mais également cognitives et affectives, ces enchevêtrements complexes d'espaces, de temps, d'activités et de technologies créant des « façons de penser et d'être ensemble » (*togetherness*) multiples et différentes. Ces travaux nous invitent à comprendre comment favoriser et soutenir l'émergence d'écotones qui permettent la continuité phygitale des activités de collaboration.

La collaboration au sein des Faclabs est orientée objets (Paavola et Hakkarainen, 2021) : elle se concentre sur la construction et l'invention d'artefacts épistémiques, culturels et matériels, tels que des concepts, pratiques, projets, modèles, documents et autres objets physiques. L'apprentissage dans ce type de collaboration est qualifié de « trialogique » (Paavola *et al.*, 2011) : l'accent n'est pas mis uniquement sur les apprenants, ni sur les interactions sociales entre les apprenants, mais également sur les objets élaborés en commun. Ces artefacts ont la particularité de connaître plusieurs versions intermédiaires : ils évoluent dans le temps selon un processus itératif de conception, et à travers l'interaction et la contribution de chaque membre du groupe. L'apprentissage collaboratif par la fabrication implique la participation à différents modes d'invention, tels que la génération de questions, l'élaboration d'hypothèses de travail, la résolution de problèmes complexes, la formulation et le développement d'idées innovantes, l'esquisse, le prototypage et la fabrication.

Nous supposons que les discontinuités phygitales posent un défi à la fluidité et la continuité des activités de collaboration orientée objets. Une collaboration « fluide » sous-entend une dynamique d'interaction où les membres d'un groupe travaillent comme un « ensemble », et arrivent à se coordonner, anticiper et compléter les actions des autres sans recourir constamment à des échanges verbaux (Ruvalcaba et Rogoff, 2022). Par ailleurs, il y a continuité lorsque les actions sont centrées sur la production des artefacts, que le travail individuel est articulé au travail collectif, que le suivi de l'évolution des artefacts en cours de développement est régulier, et que la réflexivité accompagne chaque étape de création (Paavola *et al.*, 2011).

Il est fort probable que les discontinuités phygitales dans les FacLabs engendrent des conflits, et ce à différents niveaux. Par exemple, des tensions peuvent émerger lorsque le retard dans l'exécution des tâches individuelles compromet la progression du projet. La difficulté à établir des horaires de travail communs et à coordonner les actions en raison de la multiplication des espaces numériques et physiques peut également susciter des conflits. En situation de co-modalité, les membres participant en ligne peuvent être frustrés de ne pouvoir contribuer qu'à la conception des objets intangibles. Ils peuvent également se percevoir comme moins impliqués ou être perçus comme tels par les personnes présentes physiquement dans le FacLab, renforçant ainsi la perception d'une inégalité de participation (Guillon et Molinari, 2023). En outre, le partage des machines exige fréquemment des compromis entre différents groupes, ce qui peut aussi générer des tensions.

Dans ce contexte, une perspective de recherche intéressante serait de comprendre comment réduire ces différentes discontinuités, notamment à travers la conception de technologies qui joueraient le rôle de passerelles entre les dimensions d'hybridité et favoriseraient la continuité « phygitale » des actions et interactions. L'observation des stratégies élaborées par les étudiants pour surmonter les défis liés aux discontinuités pourrait informer la conception de ces technologies-passerelles. La section suivante est une projection sur les technologies qui pourraient assurer cette continuité.

4. PHYGITALITE ET TECHNOLOGIES

4.1. LE CONTEXTE DES FACLABS

Il est important de souligner que certaines dimensions d'hybridité comme l'organisation verticale/horizontale, l'enseignement académique/non académique et l'apprentissage formel/informel, sont intrinsèques au fonctionnement du FacLab, et ne nécessitent pas forcément un support technologique dédié. Par ailleurs, le FacLab peut être lui-même conceptualisé comme un FabLab enrichi par un écotone qui le relie à l'université. En revanche, les dimensions pouvant faire l'objet d'un support technologique spécifique pour faire passerelle incluent le tangible/l'intangible, le groupe/l'individuel, le physique/le numérique, la présence/la distance.

Ceci précisé, les FabLabs et, dans leur continuité, les FacLabs, sont des espaces qui utilisent déjà largement les technologies. Celles-ci fournissent indéniablement des passerelles entre certaines dimensions d'hybridité. Par exemple, une imprimante 3D permet de créer une version tangible d'un objet à partir d'une version numérique. Inversement, une caméra de profondeur permet de produire une version numérique d'un objet physique. En introduisant la dimension présence/distance, la difficulté d'assurer la continuité augmente : par exemple, comment permettre l'accès à une version tangible d'un objet imprimé en 3D à des participants qui se trouvent à distance ? Ces participants pourraient imprimer leur propre version de l'objet, mais seulement s'ils ont une imprimante 3D à leur disposition. En outre, l'accès à cette instance tangible dépend fortement du contexte et n'a de sens que s'il permet la réalisation de l'activité en cours. En l'occurrence, imprimer un objet est coûteux en temps et en ressources, et ces contraintes doivent être prises en compte. Il peut alors suffire de transmettre l'instance intangible, c'est-à-dire le modèle 3D qui a permis d'imprimer l'instance tangible, ou une vue vidéo de cette instance tangible. On voit que la richesse de l'hybridité tangible-intangible et des technologies qui la supportent peuvent permettre de répondre aux besoins d'autres dimensions d'hybridité, comme la distance-présence. On constate que la multiplicité des dimensions d'hybridité introduit la nécessité de gérer une forme de continuité entre elles, en plus de celle à gérer à l'intérieur de chaque dimension.

Dans la section 2, nous mettons en avant que le FacLab s'inscrit dans la continuité des principes fondateurs des FabLabs, notamment en ce qui concerne les dimensions du bricolage (Bouvier-Patron, 2021), du « Do it Yourself » (DiY) et, dans une certaine mesure, des approches low-tech et frugales (Corsini *et al.*, 2021). Bien que les notions de low-tech et de frugalité puissent varier d'un FabLab à l'autre, il est généralement admis que ces espaces militent pour un usage raisonné et raisonnable des technologies. De plus, la majorité des FabLabs intègrent les principes de durabilité et de soutenabilité dans leurs pratiques de fabrication (Meyer, 2022). Parallèlement, il est important de rappeler que le FacLab se veut inclusif et vise à démocratiser l'accès à la fabrication numérique. Ainsi, il est impératif que l'environnement technologique soit accessible à un large public. Notre choix se posera donc aussi sur des technologies qui peuvent être déployées à des niveaux low-tech et qui pourront se « bricoler » avec les ressources d'un FacLab.

Nous verrons plus loin que nous nous basons sur les métaverses (Kshetri, 2022) pour répertorier les technologies qui pourraient être mobilisées pour assurer la continuité entre les différentes dimensions d'hybridité pertinentes dans notre contexte. Ce choix, qui fait la part belle à l'opulence technologique, pourrait apparaître en tension avec le contexte frugal et raisonné que nous avons précédemment établi. Il est important de clarifier ici que cette démarche a pour unique objectif de partir d'un spectre technologique aussi large que possible, afin de pouvoir ensuite le restreindre en fonction des contraintes et des besoins spécifiques de notre contexte. Les métaverses se présentent comme l'évolution ultime des environnements

numériques de collaboration et leurs objectifs, très ambitieux, impliquent une profusion de technologies nécessaires pour les atteindre.

4.2. PROPOSITION D'UN ECOTONE PHYGITAL POUR LES FACLABS

Nous parvenons ainsi à esquisser le concept d'un écotone phygital multi-niveaux, qui intègre les diverses dimensions d'hybridité évoquées précédemment et leurs interactions dynamiques dans le temps. Comme représenté dans les Figures 2 et 3, la combinaison des dimensions d'hybridité activées évoluent dynamiquement au cours du temps en fonction du contexte des différentes activités qui composent une tâche collaborative de fabrication à accomplir. Le contexte (groupe, physique, tangible) correspond principalement à l'espace physique du FacLab. À l'opposé, le contexte (individuel, numérique, intangible) correspond plutôt au contexte des interactions à distance. Cette distinction n'est pas stricte, car des interactions numériques et physiques peuvent avoir lieu conjointement dans le site du FacLab. Ce modèle d'écotone phygital vise à capturer la complexité et la fluidité des espaces et interactions dans un espace hybride d'apprentissage.

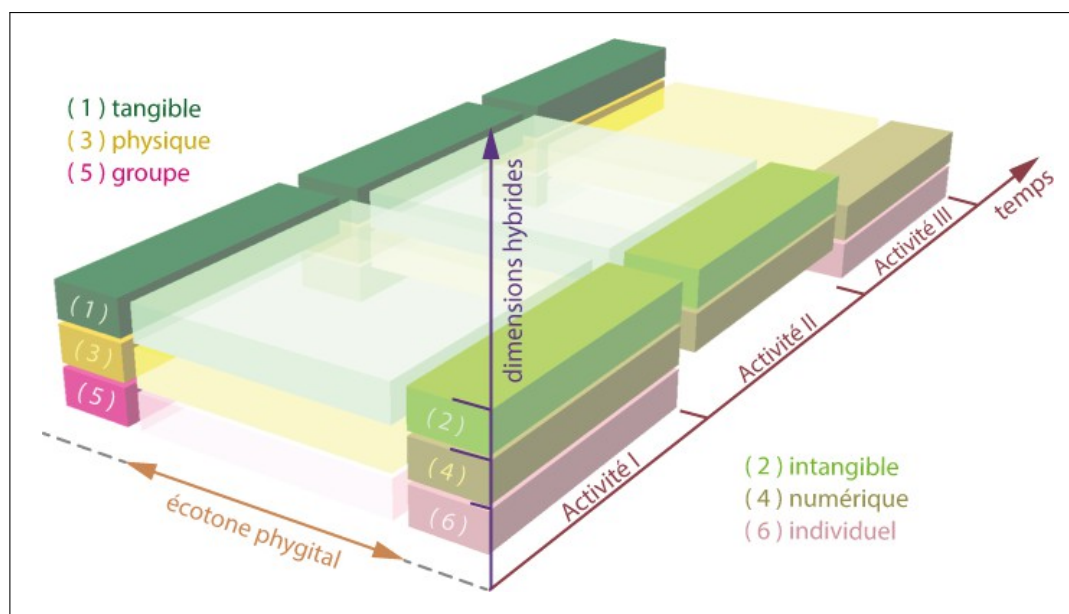


Figure 2 : L'écotone phygital, zones de transitions multi-niveaux entre différentes hybridités et espaces-temps

Dans le cadre d'une tâche collaborative, différentes activités se succèdent chronologiquement, chacune avec son propre contexte phygital, défini par les dimensions d'hybridité qui sont activées et qui nécessitent de maintenir la continuité à l'aide d'un écotone. Dans l'exemple de la tâche représentée dans la Figure 2, les trois dimensions d'hybridité sont activées pour la première activité. Cela signifie que l'activité implique à la fois des ressources et des productions tangibles et intangibles, des participants en groupe et d'autres en posture individuelle, ainsi que des interactions numériques et physiques. Dans ce cas, l'écotone doit garantir la continuité à travers ces trois niveaux d'hybridité. En revanche, pour la dernière activité, la dimension tangible/intangible n'est pas activée, car seules des ressources et productions intangibles sont en jeu. La continuité doit donc être assurée uniquement pour les dimensions de groupe/individuel et physique/numérique.

L'écotone phygital assume une double responsabilité : gérer les transitions entre les discontinuités inhérentes aux différentes dimensions de l'hybridité et coordonner ces dimen-

sions entre elles (voir Figure 3). Le processus d'impression 3D illustre bien cette dynamique, combinant des éléments tangibles et intangibles ainsi que des interactions physiques et numériques. Par ailleurs, la structure de l'écotone est dynamiquement modifiée lors du passage d'une activité à une autre (voir Figure 2). Par exemple, la transition d'une activité de groupe impliquant une impression 3D physique à une tâche individuelle nécessitant une modélisation numérique exige une gestion agile pour préserver une continuité fluide. Cette gestion repose sur la coordination des dimensions de l'hybridité, telles que le physique-numérique et le matériel-immatériel, afin de maintenir un flux de travail cohérent. Une telle approche est cruciale pour s'adapter à l'évolution des contextes et des exigences des activités, tout en garantissant une continuité temporelle au sein de l'écotone.

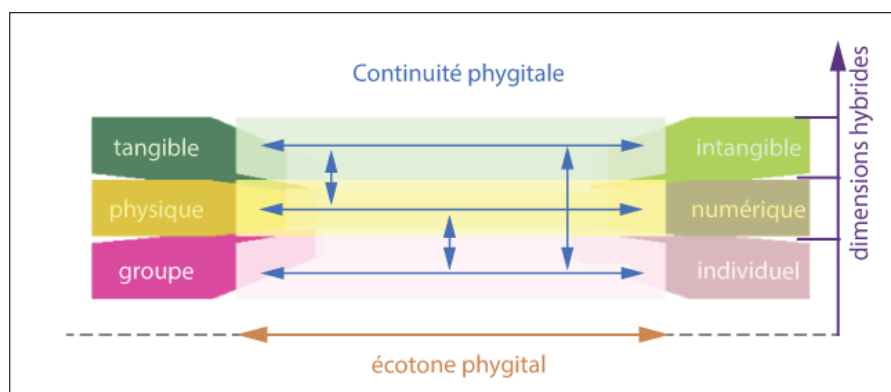


Figure 3 : L'écotone phygitale, une continuité intra- et inter-dimensions

4.3. QUELLES TECHNOLOGIES POUR ASSURER LA CONTINUITÉ ?

Il est essentiel d'examiner de manière systématique comment les technologies peuvent agir comme passerelles pour assurer la continuité dans le contexte élargi des FacLabs à distance. Pour ce faire, nous suggérons de prendre comme point de départ les technologies déjà en usage dans les environnements virtuels collaboratifs (Correia *et al.*, 2016), y compris leur incarnation la plus récente : les métaverses (Kshetri, 2022). Un métavers peut être soit entièrement virtuel, comme dans le cas des dispositifs de réalité virtuelle (RV), soit partiellement virtuel, comme lorsque la réalité augmentée (RA) est intégrée dans des contextes réels. Hwang et Chien (2022) identifient trois caractéristiques clés des métaverses : partagées, persistantes et décentralisées. La caractéristique « partagées » met en avant l'importance de l'interaction sociale et de la collaboration. La caractéristique « persistante » indique que les actions, objets et événements ont une longévité qui dépasse les sessions individuelles. Enfin, la caractéristique « décentralisée » permet une propriété et un contrôle distribués, souvent sécurisés par des technologies telles que la blockchain.

Nous n'avancons pas l'idée selon laquelle les métaverses sont la solution numérique pour favoriser la continuité phygitale. Au contraire, nous les considérons comme un ensemble riche de technologies parmi lesquelles des solutions pertinentes peuvent être sélectionnées en fonction de nos objectifs spécifiques. En plus de leur diversité technologique, les métaverses offrent également un niveau élevé de sociabilisation entre les utilisateurs et une hyper-spatiotemporalité, créant un espace immersif qui transcende divers contextes temporels et spatiaux (Ning *et al.*, 2021). Ces caractéristiques sont en harmonie avec les ambitions de l'écotone phygitale, en particulier en ce qui concerne la continuité relationnelle et spatio-temporelle dans les activités collaboratives de fabrication numérique.

Les métaverses opèrent souvent sous l'hypothèse que la profusion technologique et sa combinaison judicieuse peuvent pallier la discontinuité entre la présence physique et la distance, en visant une forme d'hyper-réalisme. Cependant, cette abondance technologique n'est pas toujours accessible, ni même nécessairement efficace pour atteindre cet objectif (Cheng *et al.*, 2022 ; Cummings et Bailenson, 2016 ; van Gisbergen *et al.*, 2019). Comme le soulignent Abich *et al.* (2021) et Yoon *et al.* (2019), une approche plus frugale et accessible serait de se concentrer uniquement sur les technologies qui comblent les lacunes spécifiques à notre contexte. Dans notre cas, cela signifie prioriser la continuité des différentes dimensions d'hybridité indispensables aux activités collaboratives de fabrication. Ainsi, notre démarche consiste à restreindre la palette de technologies utilisées et à privilégier celles qui peuvent être déployées de manière frugale. Les technologies retenues sont celles qui assurent une continuité entre les dimensions d'hybridité et qui, comme la Réalité Mixte, peuvent être adaptées à divers niveaux d'échelle et de ressources selon les besoins (Barba et MacIntyre, 2011).

Notre objectif est de mettre en correspondance les états et données provenant des objets et des participants présents dans le FacLab au format digital pour assurer la continuité de l'expérience utilisateur alors que les Métaverses tentent d'être un monde miroir virtuel d'un espace physique réel qui fournirait des sensations tangibles médiatisées et une immersion virtuelle en donnant un accès uniquement virtuel depuis n'importe quel lieu et en tout temps (K. Li *et al.*, 2022). Ce qui nous amène bien à fournir un espace d'hyper-hybridité spatio-temporelle comme le suggère aussi les Métaverses mais, dont l'objectif serait d'augmenter l'expérience utilisateur à distance des participants autant en synchrone qu'en asynchrone, sans pour autant qu'il y ait la nécessité aux personnes en présence dans le FacLab de changer leur modalité de travail physique, ni de les forcer à accéder à un monde virtuel commun.

Il nous paraît donc nécessaire de répondre à l'hybridité en combinant plusieurs technologies remplissant les besoins du terrain exposé et qui correspondent à celles que l'on peut retrouver impliquées dans les Metaverses, telles que la 5G, la blockchain, l'*edge computing*, la RA, la RV, la reconstruction 3D, l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des Objets (IoT) et l'Interaction Humain - Machine (IHM) (Al-Ghaili *et al.*, 2022 ; Cheng *et al.*, 2022). Parmi toutes ces technologies, un premier ensemble qui peut être écarté concerne celles qui assurent l'infrastructure de base et qui regroupe la 5G, la blockchain, l'*edge computing* et l'IA. Les autres se retrouvent effectivement à l'interface des discontinuités des dimensions d'hybridité de l'écotone phygital. Par exemple, la RA permet d'hybrider le tangible et l'intangible en superposant le réel et le virtuel. La RV et l'IHM sont des domaines larges qui recouvrent différentes technologies, qu'il nous semble nécessaire de réduire, toujours par souci de frugalité et de disponibilité. Nous proposons de retenir le feedback haptique pour la RV et les interfaces tangibles pour l'IHM. La première permet de traiter la dimension groupe/individu en suscitant l'awareness (Rodriguez *et al.*, 2022) et la seconde la dimension physique/numérique en permettant des interactions physiques avec le numérique (Baldwin *et al.*, 2019).

A ce stade de notre réflexion, nous sommes maintenant en mesure de proposer une première piste pour la conception d'un environnement numérique qui permettrait d'assurer la continuité phygitale. Le Tableau 1 présente ainsi un exemple de technologies qui pourraient être mobilisées pour assurer la continuité des différentes hybridités que nous ciblons.

La proposition faite ici permet de couvrir chaque dimension d'hybridité avec deux technologies qui peuvent ainsi se renforcer ou se compenser. Ces différentes technologies peuvent aussi se mobiliser à différents niveaux de moyens et de disponibilité. Par exemple pour la RA, qui peut se déployer avec un casque mais aussi avec un simple smartphone. De même, des interfaces tangibles peuvent se « bricoler » avec un Makey Makey (Collective et Shaw,

Tableau 1 : Exemples de technologies passerelles permettant d’assurer les transitions pour les différentes dimensions de discontinuités

	Physique/numérique	Groupe/individuel	Tangible/intangible
Réalité Augmentée	Permet d’augmenter le physique avec du numérique	Permet de combiner les points de vue individuels pour en faire une vue collective	
Interfaces tangibles			Permet de donner une représentation tangible à l’abstraction, l’imagination et la compréhension
Feedback tactile		Permet d’établir une compréhension mutuelle (<i>mutual awareness</i>) en communiquant aux membres du groupe y compris ceux à distance des informations de forme et de volume à partir de patterns tactiles (p.e. vibrations à la surface de la peau)	
Internet des Objets	Permet de « numériser le physique », de garder des traces numériques d’actions et d’évènements à l’aide de capteurs connectés		Permet de mesurer numériquement le tangible pour alimenter une représentation intangible

2012) . Il est important d’envisager un environnement qui puisse fonctionner dans différentes configurations, y compris des situations qui seraient technologiquement dégradées. En effet, à partir du moment où on introduit la distance, il n’est pas possible d’anticiper systématiquement la configuration matérielle des participants qui se trouvent dans ce contexte.

4.4. LE SCENE GRAPH PHYGITAL COMME MOTEUR DE L’ECOTONE

Il nous semble essentiel d’accréditer la faisabilité technique de la continuité phigitale et de sa réalisation. Dans cette optique, il apparaît que l’élément principal ne réside pas tant dans les technologies utilisées que la capacité à collecter, tenir à jour et coordonner les traces numériques des différentes dimensions de discontinuités : tangible/intangible, distance/présence... Ceci de façon à permettre aux technologies mises en jeu de pouvoir mettre ses traces à jour et à les utiliser pour assurer la mise en oeuvre de l’écotone phigital. Dans cette optique, nous plaçons pour l’extension du Scene Graph (SG). Le SG est une structure de données largement utilisées dans les moteurs de jeux (Cheah et Ng, 2005), 3D (Agenjo *et al.*, 2013) et de réalité mixte (Jung et Vitzthum, 2022 ; Tahara *et al.*, 2020) et qui est une

composante inhérente aux métaverses (Armeni *et al.*, 2019 ; Chang *et al.*, 2023). Il permet de représenter l'organisation, la spatialisation et la sémantique d'un environnement virtuel. De nombreux travaux d'extension montrent qu'il est aussi en capacité de représenter des environnements réels (Bae *et al.*, 2023 ; Wald *et al.*, 2020) mais aussi des scénarios qui représentent des activités réalisées par des personnes dans un espace (C. Li *et al.*, 2022). Par ailleurs, le SG est compatible avec les technologies identifiées précédemment. On pressent ainsi que le SG peut être étendu sous une forme que nous dénommerons SG Phygital (SGP), pour devenir le cœur de la continuité phygital par sa capacité à maintenir des traces numériques des différentes dimensions de discontinuités et de les interconnecter pour permettre d'assurer la transition, l'écotone, en fonction du contexte de chaque intervenant.

Le SG est une structure de données arborescente qui sert à organiser et à annoter, tant spatialement que sémantiquement, les divers éléments constitutifs d'une scène virtuelle en 3D. Nous proposons d'étendre cette structure, selon une approche similaire à celle proposée par Li et al. avec le Story Graph (2022), pour y incorporer l'ensemble des éléments d'un projet réalisé au FacLab incluant les espaces physiques et virtuels, les productions tangibles et intangibles, ainsi que les participants et leurs activités (voir Figure 4). Le principe proposé dans le Story Graph peut être réutilisé pour conserver l'historique des activités au sein d'une tâche collaborative, ce qui est particulièrement utile pour gérer les phases asynchrones du projet.

Une généralisation du mécanisme des niveaux de Détails (NdD) (Heok et Daman, 2004) au sein du SGP est également envisageable. Les NdD sont un mécanisme d'optimisation qui associent plusieurs instances de représentations géométriques à un même objet. Ces instances représentent l'objet avec différents niveaux de détails de forme. En fonction de la position de la caméra virtuelle qui représente le point de vue de l'observateur de la scène, l'instance la plus optimisée entre détails et quantité de données est automatiquement déterminée et sélectionnée pour être affichée. Une extension de ce mécanisme permettrait de rassembler toutes les instances, tangibles et intangibles, d'un même objet et de choisir la meilleure instance à procurer à chaque participant lors d'une activité en fonction de son contexte. Par exemple, le résultat d'un objet imprimé en 3D pourrait être représenté par plusieurs instances évoluant au cours des activités de la tâche collaborative : une description textuelle ; un schéma papier ; un schéma numérique 2D, plusieurs versions de modèles 3D ; une impression 3D physique ; une vidéo de l'objet imprimé. Chaque instance représente l'objet à différents stades de l'avancée du projet. Lors d'une activité de groupe qui utilise l'objet, un-e participant-e présent-e pourra se voir proposer l'accès à l'instance imprimée en 3D alors qu'un-e participant-e à distance aura accès à l'instance du dernier modèle 3D ou à la vidéo de l'impression 3D. Le SGP permettra de conserver et de coordonner des traces temporelles, spatiales et d'activité, contribuant à aligner les différentes dimensions d'hybridité.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le FacLab, homologue académique du FabLab, est un environnement multi-hybride de co-création où les machines-outils et les technologies numériques s'associent pour permettre la modélisation et la production d'objets sous des formes à la fois tangibles et intangibles. Outre les dimensions physique/numérique, tangible/intangible, les dimensions présence/distance et synchrone/asynchrone entrent en jeu lorsque certains membres du groupe travaillent dans le FacLab tandis que d'autres sont à distance, ou lorsque les activités se prolongent et contraignent les membres à travailler seuls, ailleurs que dans le FacLab.

Dans cette rubrique, nous recourons à la métaphore de l'écotone pour rendre compte de la façon dont les différentes dimensions d'hybridité peuvent interagir de manière complexe

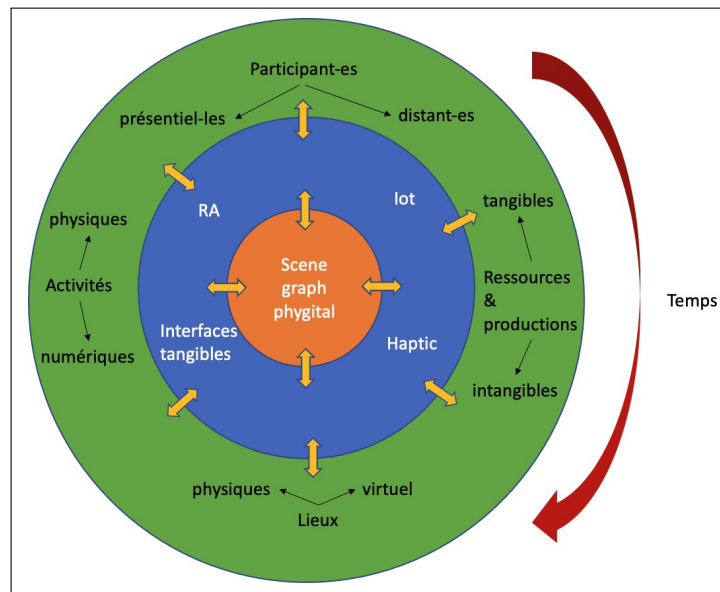


Figure 4 : Le SGP comme socle de l'écotone phygital des activités collaboratives de fabrication

et induire des discontinuités en termes d'actions et d'interactions. Cette métaphore nous invite à examiner les transitions entre ces dimensions d'hybridité, en observant notamment les stratégies spontanées ou délibérées que les apprenants mettent en place pour surmonter les défis associés à ces discontinuités. Un tel objectif de recherche soulève des questions méthodologiques et analytiques. L'étude de ce que nous appelons l'écotone phygital nécessite une collecte exhaustive de données multimodales. Cela inclut des données d'interaction, comme les enregistrements vidéo des sessions de groupe au FacLab et les communications en ligne, mais aussi des traces du travail individuel hors FacLab, telles que des grilles d'auto-observation et d'auto-évaluation. S'ajoutent à cela les différentes versions des objets créés voire des données physiologiques. Pour ce faire, Davidsen *et al.* (2023) recommandent de s'inspirer de l'approche ethnométhodologique, et proposent de développer des environnements de recherche qualitative immersifs, qu'ils qualifient de « scénographies interactionnelles et volumétriques », pour permettre d'étudier le travail interactionnel situé, multimodal et incarné des étudiants.

Du point de vue informatique, la notion d'écotone phygital nous guide vers l'identification et la conception de technologies-passerelles. Contrairement aux métaverses, qui aspirent à une hyper-réalité saturée de technologies, ces technologies-passerelles visent à faciliter les transitions entre les multiples discontinuités au sein des FacLabs. Elles ont le potentiel de maintenir une continuité dans les activités collaboratives et de fournir des opportunités créatives. Cela met en exergue l'importance de documenter et de comprendre à la fois les aspects continus et les dynamiques génératives de ces espaces de transition. Pour orchestrer ces technologies-passerelles, nous proposons l'implémentation d'un Scene-Graph Phygital (SGP). Cette démarche présente des défis techniques, notamment en ce qui concerne la robustesse de la mise à jour des données. À la différence des SG 3D traditionnels, qui sont purement numériques, le contexte phygital exige la collecte de données tangibles. Bien que des méthodes existent pour extraire ces données à partir de vidéos (Armeni *et al.*, 2019), leur efficacité dans un contexte réel reste à valider. À ce stade, nous envisageons deux voies complémentaires : la première s'appuie sur l'Internet des Objets (IoT), utilisant des tags et des beacons (Tyagi *et al.*, 2022), et la seconde sur l'intégration d'un tableau de bord de type

Kanban (Salinas-Navarro *et al.*, 2023). Ce tableau, en partie directement alimenté par les annotations des utilisateurs, serait en communication constante avec le SGP, permettant un suivi intégré — spatial, temporel et sémantique — des activités collaboratives. Il servirait également de moyen de visualisation du SGP pour les participants.

Pour conclure, cette rubrique analyse les complexités et les potentialités des environnements d'apprentissage multi-hybrides, tels que les FacLabs. Elle est également une première proposition d'un cadre pour orienter la conception de technologies dont la visée est de favoriser la continuité de la collaboration au sein de ces environnements.

REFERENCES

- Abich, J., Parker, J., Murphy, J. S., et Eudy, M. (2021). A review of the evidence for training effectiveness with virtual reality technology. *Virtual Reality*, 25(4), 919-933. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00498-8>
- Agenjo, J., Evans, A., et Blat, J. (2013). WebGLStudio : a pipeline for WebGL scene creation. *18th International Conference on 3D Web Technology*, 79-82. <https://doi.org/10.1145/2466533.2466551>
- Akkerman, S. F., et Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of educational research*, 81(2), 132-169. <https://doi.org/10.3102/0034654311404435>
- Al-Ghaili, A. M., Kasim, H., Al-Hada, N. M., Hassan, Z. B., Othman, M., Tharik, J. H., Kasmani, R. M., et Shayea, I. (2022). A Review of Metaverse's Definitions, Architecture, Applications, Challenges, Issues, Solutions, and Future Trends. *IEEE Access*, 10, 125835-125866. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3225638>
- Altman, S. (2023). *Planning for AGI and beyond*. Récupérée juillet 11, 2024, à partir de <https://openai.com/index/planning-for-agi-and-beyond/>
- Angrisani, L., Arpaia, P., Bonavolonta, F., et Lo Moriello, R. S. (2018). Academic FabLabs for industry 4.0 : Experience at University of Naples Federico II. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 21(1), 6-13. <https://doi.org/10.1109/MIM.2018.8278802>
- Angrisani, L., Arpaia, P., Capaldo, G., Moccaldi, N., Salatino, P., et Ventre, G. (2018). Evolution of the academic FabLab at University of Naples Federico II [Publisher : IOP Publishing]. *Journal of Physics : Conference Series*, 1065(2), 022013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1065/2/022013>
- Archieri, C., et Jaouen, P.-Y. (2020). Configurations d'action de formation à l'épreuve de l'approche sociotechnique : étude de cas dans un FabLab. *Savoirs*, 52(1), 31-50. <https://doi.org/10.3917/savo.052.0031>
- Armeni, I., He, Z.-Y., Zamir, A., Gwak, J., Malik, J., Fischer, M., et Savarese, S. (2019). 3D Scene Graph : A Structure for Unified Semantics, 3D Space, and Camera. *2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 5663-5672. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00576>
- Bae, J., Shin, D., Ko, K., Lee, J., et Kim, U.-H. (2023). A Survey on 3D Scene Graphs : Definition, Generation and Application. Dans J. Jo, H.-L. Choi, M. Helbig, H. Oh, J. Hwangbo, C.-H. Lee et B. Stantic (dir.), *Robot Intelligence Technology and Applications 7* (p. 136-147). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26889-2_13
- Baldwin, M. S., Khurana, R., McIsaac, D., Sun, Y., Tran, T., Zhang, X., Fogarty, J., Hayes, G. R., et Mankoff, J. (2019). Tangible Interfaces. Dans Y. Yesilada et S. Harper (dir.), *Web Accessibility : A Foundation for Research* (p. 715-735). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7440-0_36

- Barba, E., et MacIntyre, B. (2011). A scale model of mixed reality. *8th ACM conference on Creativity and cognition*, 117-126. <https://doi.org/10.1145/2069618.2069640>
- Borruat, S., Burton, R., Charlier, B., Ciussi, M., Deschryver, N., Docq, F., Douzet, C., et Henri, F. (2012). Dispositifs hybrides, nouvelle perspective pour une pédagogie renouvelée de l'enseignement supérieur. *Deschryver, N. & Charlier, B., éditeurs : HYSUP : Programme Education et formation tout au long de la vie, Genève. Université de Genève, 16*. <https://doi.org/10.23709/sticef.30.2>
- Bouvier-Patron, P. (2021, janvier). Bricolage et Improvisation, deux clefs fondamentales de la création innovante. <https://doi.org/10.1002/9781119832522.ch6>
- Carvalho, L., et Lamb, J. (2023). Postdigital Learning Spaces. Dans P. Jandrić (dir.), *Encyclopedia of Postdigital Science and Education* (p. 1-5). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35469-4_13-1
- Chang, X., Ren, P., Xu, P., Li, Z., Chen, X., et Hauptmann, A. (2023). A Comprehensive Survey of Scene Graphs : Generation and Application. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(1), 1-26. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3137605>
- Charlier, B., Deschryver, N., et Peraya, D. (2006). Apprendre en présence et à distance : une définition des dispositifs hybrides. *Distances et savoirs*, 4(4), 469-496. <https://doi.org/10.3166/ds.4.469-496>
- Cheah, T., et Ng, K.-W. (2005). A practical implementation of a 3D game engine. *International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV'05)*, 351-358. <https://doi.org/10.1109/CGIV.2005.9>
- Cheng, R., Wu, N., Chen, S., et Han, B. (2022). Will Metaverse Be NextG Internet ? Vision, Hype, and Reality. *IEEE Network*, 36(5), 197-204. <https://doi.org/10.1109/MNET.117.2200055>
- Collective, B. M., et Shaw, D. (2012). Makey Makey : improvising tangible and nature-based user interfaces. *6th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, 367-370. <https://doi.org/10.1145/2148131.2148219>
- Correia, A., Fonseca, B., Paredes, H., Martins, P., et Morgado, L. (2016). Computer-Simulated 3D Virtual Environments in Collaborative Learning and Training : Meta-Review, Refinement, and Roadmap. Dans Y. Sivan (dir.), *Handbook on 3D3C Platforms : Applications and Tools for Three Dimensional Systems for Community, Creation and Commerce* (p. 403-440). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22041-3_15
- Corsini, L., Dammicco, V., et Moultrie, J. (2021). Frugal innovation in a crisis : the digital fabrication maker response to COVID-19. *R&D Management*, 51(2), 195-210. <https://doi.org/10.1111/radm.12446>
- Cummings, J. J., et Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough ? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2), 272-309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>
- Davidson, J., McIlvenny, P., et Ryberg, T. (2023). Researching Interactional and Volumetric Scenographies – Immersive Qualitative Digital Research. Dans P. Jandrić, A. MacKenzie et J. Knox (dir.), *Constructing Postdigital Research : Method and Emancipation* (p. 119-136). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35411-3_7
- Engeström, Y., Engeström, R., et Kärkkäinen, M. (1995). Polycontextuality and boundary crossing in expert cognition : Learning and problem solving in complex work activities. *Learning and instruction*. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(95\)00021-6](https://doi.org/10.1016/0959-4752(95)00021-6)

- Eyal, L., et Gil, E. (2022). Hybrid Learning Spaces — A Three-Fold Evolving Perspective. Dans E. Gil, Y. Mor, Y. Dimitriadis et C. Köppe (dir.), *Hybrid Learning Spaces* (p. 11-23). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88520-5_2
- Fawns, T. (2022). An entangled pedagogy : Looking beyond the pedagogy—technology dichotomy. *Postdigital Science and Education*, 4(3), 711-728. <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00302-7>
- Felder, J. (2019). Méthode d'analyse et de modélisation des environnements personnels d'apprentissage. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 26(1), 9-37. <https://doi.org/10.23709/sticf.26.1.2>
- Galan, J.-M., et Musiani, F. (2019). Créer un fablab à l'université : enjeux humains et institutionnels. *Sociologies pratiques*, 38(1), 35-48. <https://doi.org/10.3917/sopr.038.0035>
- Guillon, M., et Molinari, G. (2023). A Group Awareness Tool for Self-Assessment and Visualization of Participation : Its Effect on the Regulation of Unequal Participation. *Proceedings of the 16th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2023)*, 35-42. <https://doi.org/10.22318/cscl2023.719530>
- Heok, T. K., et Daman, D. (2004). A review on level of detail. *International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV 2004)*, 70-75. <https://doi.org/10.1109/CGIV.2004.1323963>
- Hwang, G.-J., et Chien, S.-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education : An artificial intelligence perspective. *Computers and Education : Artificial Intelligence*, 3, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
- Jandrić, P., Knox, J., Besley, T., Ryberg, T., Suoranta, J., et Hayes, S. (2018). Postdigital science and education. <https://doi.org/10.1080/00131857.2018.1454000>
- Jung, B., et Vitzthum, A. (2022). Virtual Worlds. Dans R. Doerner, W. Broll, P. Grimm et B. Jung (dir.), *Virtual and Augmented Reality (VR/AR) : Foundations and Methods of Extended Realities (XR)* (p. 71-106). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79062-2_3
- Kostakis, V., Niaros, V., et Giotitsas, C. (2015). Production and governance in hackerspaces : A manifestation of Commons-based peer production in the physical realm ? *International Journal of Cultural Studies*, 18(5), 555-573. <https://doi.org/10.1177/1367877913519310>
- Kshetri, N. (2022). A Typology of Metaverses. *Computer*, 55(12), 150-155. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3204978>
- Lhoste, E., et Barbier, M. (2015). Fablabs : the institutionnalisation of third-places of « soft hacking ». <https://doi.org/10.3917/rac.030.0043>
- Li, C., Li, W., Huang, H., et Yu, L.-F. (2022). Interactive augmented reality storytelling guided by scene semantics. *ACM Trans. Graph.*, 41(4). <https://doi.org/10.1145/3528223.3530061>
- Li, K., Cui, Y., Li, W., Lv, T., Yuan, X., Li, S., Ni, W., Simsek, M., et Dressler, F. (2022). When Internet of Things meets Metaverse : Convergence of Physical and Cyber Worlds. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2208.13501>
- Lorenzo, C. (2017). Digital Fabrication as a Tool for Teaching High-School Students STEM at the University. *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, 549-554. <https://doi.org/10.1145/3078072.3084323>
- Mersand, S. (2021). The state of makerspace research : A review of the literature. *Tech-Trends*, 65(2), 174-186. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00566-5>
- Meyer, M. (2022). Expérimenter et rendre désirables les low tech. Une pragmatique de la documentation. *Réseaux*, 235(5), 219-249. <https://doi.org/10.3917/res.235.0219>

- Molinari, G., Raes, A., Zeng, L., Bridges, S., Mentzer, N., Farrington, S. W., Koehler, A., Mohandas, L., Aamir, A., Claypool, M., *et al.* (2022). How to promote optimal individual and collaborative learning in remote and hybrid environments ? A focus on motivational and emotional factors. *Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2022)*, pp. 501-508. <https://doi.org/10.22318/cscl2022.501>
- Morin, J.-H., et Moccozet, L. (2021). Build to think, build to learn : What can fabrication and creativity bring to rethink (higher) education ? *ITM Web of Conferences*, 38, 02004. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20213802004>
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J., et Daneshmand, M. (2021). A Survey on Metaverse : the State-of-the-art, Technologies, Applications, and Challenges. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2111.09673>
- Nørgård, R. T., et Hilli, C. (2022). Hyper-Hybrid Learning Spaces in Higher Education. Dans E. Gil, Y. Mor, Y. Dimitriadis et C. Köppe (dir.), *Hybrid Learning Spaces* (p. 25-41). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88520-5_3
- Paavola, S., et Hakkarainen, K. (2021). Trialogical learning and object-oriented collaboration. *International handbook of computer-supported collaborative learning*, 241-259. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65291-3_13
- Paavola, S., Lakkala, M., Muukkonen, H., Kosonen, K., et Karlgren, K. (2011). The roles and uses of design principles for developing the trialogical approach on learning. *Research in Learning Technology*, 19(3). <https://doi.org/10.3402/rlt.v19i3.17112>
- Paquelin, D., et Lachapelle-Bégin, L. (2022). *Hybridation : principes et repères* [thèse de doct., Université Laval (Québec, Canada)]. <https://hal.science/hal-03718900>
- Paquelin, D., et Tendeng, M. L. (2020). Des dispositifs aux environnements personnels d'apprentissage de proximité (EPAP) : proposition de formalisation d'un objet de recherche. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 17(3), 70-85. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2020-v17n3-10>
- Peltier, C., et Séguin, C. (2021). Hybridation et dispositifs hybrides de formation dans l'enseignement supérieur : revue de la littérature 2012-2020. *Distances et médiations des savoirs*, (35). <https://doi.org/10.4000/dms.6414>
- Pernia-Espinoza, A., Sodupe-Ortega, E., Pecina-Marqueta, S., Martinez-Banares, S., Sanz Garcia, A., et Blanco-Fernandez, J. (2017). Makerspaces in Higher Education : the UR-Maker experience at the University of La Rioja, 758-765. <https://doi.org/10.4995/HEAD17.2017.5400>
- Pitkänen, K., et Andersen, H. V. (2018). Empowering Teachers and New Generations through Design Thinking and Digital Fabrication Learning Activities. *Conference on Creativity and Making in Education*, 55-63. <https://doi.org/10.1145/3213818.3213826>
- Plattner, H., Meinel, C., et Leifer, L. (dir.). (2013, janvier). *Design Thinking : Understand – Improve – Apply* (2011th edition). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13757-0>
- Raffnsøe, S. (2008). Qu'est-ce qu'un dispositif? : L'analytique sociale de Michel Foucault. *Symposium*, 12(1), 44-66. <https://doi.org/10.5840/symposium20081214>
- Rodriguez, A., Bibbo, L. M., Collazos, C., et Fernandez, A. (2022). An Approach to Model Haptic Awareness in Groupware Systems. Dans V. Agredo-Delgado, P. H. Ruiz et O. Correa-Madriral (dir.), *8th Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction (HCI-COLLAB 2022)* (p. 1-14). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24709-5_1

- Rossitto, C., Bogdan, C., et Severinson-Eklundh, K. (2014). Understanding constellations of technologies in use in a collaborative nomadic setting. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 23, 137-161. <https://doi.org/10.1007/s10606-013-9196-4>
- Rossitto, C., et Eklundh, K. S. (2007). Managing work at several places : a case of project work in a nomadic group of students. *Proceedings of the 14th European conference on Cognitive ergonomics : invent! explore!*, 45-51. <https://doi.org/10.1145/1362550.1362562>
- Ruvalcaba, O., et Rogoff, B. (2022). Children's fluid collaboration versus managing individual agendas : Cultural differences in pair programming. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 81, 101438. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2022.101438>
- Ryberg, T., Davidsen, J., Bernhard, J., et Larsen, M. C. (2021). Ecotones : a conceptual contribution to postdigital thinking. *Postdigital Science and Education*, 3, 407-424. <https://doi.org/10.1007/s42438-020-00213-5DIVAPortal+7>
- Ryberg, T., Davidsen, J., et Hodgson, V. (2018). Understanding nomadic collaborative learning groups. *British Journal of Educational Technology*, 49(2), 235-247. <https://doi.org/10.1111/bjet.12584>
- Salinas-Navarro, D. E., Garay-Rondero, C. L., et Arana-Solares, I. A. (2023). Digitally Enabled Experiential Learning Spaces for Engineering Education 4.0. *Education Sciences*, 13(1), 63. <https://doi.org/10.3390/educsci13010063>
- Secundo, G., Rippa, P., et Cerchione, R. (2020). Digital Academic Entrepreneurship : A structured literature review and avenue for a research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120118. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120118>
- Smith, R. C., Iversen, O. S., et Hjorth, M. (2015). Design thinking for digital fabrication in education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.10.002>
- Stickel, O., Stilz, M., Brocker, A., Borchers, J., et Pipek, V. (2019). Fab :UNiverse - Makerspaces, Fab Labs and Lab Managers in Academia. *Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3335055.3335074>
- Svenkerud, S. W., Madsen, J., Ballangrud, B. B., Strande, A.-L., et Stenshorne, E. (2020). Sustainable use of ecological concepts in educational science. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 11(1), 153-162. <https://doi.org/10.2478/dcse-2020-0013>
- Tahara, T., Seno, T., Narita, G., et Ishikawa, T. (2020). Retargetable AR : Context-aware Augmented Reality in Indoor Scenes based on 3D Scene Graph. *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 249-255. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00072>
- Trestini, M. (2019). L'Environnement Numérique d'Apprentissage inscrit dans le paradigme de la modélisation systémique de la complexité. *Information, organisation, connaissances*, 2(1). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2019.0381>
- Tyagi, N., Singh, J., et Singh, S. (2022). Review of Indoor Positioning System : Technologies and Applications. *2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, 723-728. <https://doi.org/10.1109/ICDABI56818.2022.10041504>
- van Gisbergen, M., Kovacs, M., Campos, F., van der Heeft, M., et Vugts, V. (2019). What We Don't Know. The Effect of Realism in Virtual Reality on Experience and Behaviour. Dans M. C. tom Dieck et T. Jung (dir.), *Augmented Reality and Virtual Reality : The Power of AR and VR for Business* (p. 45-57). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06246-0_4

- Wald, J., Dhano, H., Navab, N., et Tombari, F. (2020). Learning 3D Semantic Scene Graphs From 3D Indoor Reconstructions. *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.03967>
- Yoon, B., Kim, H.-i., Lee, G. A., Billingham, M., et Woo, W. (2019). The Effect of Avatar Appearance on Social Presence in an Augmented Reality Remote Collaboration. *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 547-556. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8797719>

La détection de l'utilisation de robots conversationnels en contexte universitaire : Le cas de *Compilatio Magister+*

*Detecting the use of LLM-based chatbots in an academic context: The case of *Compilatio Magister+**

Philippe DESSUS¹ ; Daniel SEYVE²

¹Université Grenoble Alpes, LaRAC, Grenoble, France

²Université Grenoble Alpes, DAPI, Grenoble, France

Résumé. Nous avons testé les performances de *Compilatio Magister+* outil de détection de l'utilisation de robots conversationnels (*chatbots*) sur 86 documents (écrits par des humains, générés par deux robots conversationnels différents : *ChatGPT 4* et *Claude 2* ou *Claude 2.1*) représentant des compositions proches de celles rencontrées en milieu académique. Les résultats montrent que, paradoxalement, *Compilatio Magister+* obtient des scores sans erreurs pour la détection des *écrits humains*. En revanche, son score de détection n'est pas meilleur que le hasard, et son score F1 montre que pour une prédiction correcte, CM+ fait plus de 10 erreurs. Ces résultats sont reliés à la décision de plus en plus fréquente, dans les universités, notamment étasuniennes, de désactiver la détection de l'usage de ces robots conversationnels.

Mots-clés : robots conversationnels, outils de détection, intégrité académique, enseignement supérieur

Abstract. We tested the performance of the *Compilatio Magister+* conversational bot detection tool on 86 documents (written by humans, generated by two different conversational bots: *ChatGPT 4* and *Claude 2* or *Claude 2.1*) representing compositions close to those encountered in academic environments. The results show that, paradoxically, *Compilatio Magister+* achieves 100% scores for the detection of human writings. On the other hand, its detection score is no better than chance, and its F1 score shows that for a correct prediction, CM+ makes more than 10 errors. These results are in line with the increasingly frequent decision by universities, particularly in the USA, to disable the detection of these conversational bots.

Keywords: conversational bots, detection systems, academic integrity, higher education

1. INTRODUCTION

Le but de cet article est d'évaluer les performances de l'outil *Compilatio Magister+*, dorénavant CM+ (<https://www.compilatio.net/magister-plus>), dans la détection de documents générés, totalement ou partiellement, par des robots conversationnels (*chatbots*) utilisant de grands modèles de langage (parmi les plus connus, citons ChatGPT d'OpenAI (<https://chat.openai.com>), Claude d'Anthropic (<https://claude.ai/>), ou Gemini de Google (<https://gemini.google.com/>). Depuis l'arrivée et l'utilisation massive de ChatGPT v. 3, puis 3.5, mis gratuitement à la disposition du grand public depuis novembre 2022, cette détection est devenue centrale pour les universités, recourant déjà pour la plupart à des outils de détection de similarités dans les copies d'étudiants pour repérer des comportements de tricherie, c'est-à-dire d'externalisation du travail aux robots et leur appropriation sans mention de cette externalisation.

Nous avons testé les performances de l'utilisation de CM+ dans sa version payante (v. 2.2 utilisée de fin novembre à mi-décembre 2023). Jusqu'à présent, beaucoup d'outils, dont celui-ci, ont été testés en version gratuite, avec des documents dont le nombre de mots est très réduit (entre 200 et 2000 caractères, selon Weber-Wulff *et al.*, 2023), et majoritairement en langue anglaise. Il est donc important de connaître le niveau de fiabilité de CM+ dans le traitement de documents en français, de plus grande longueur, et de composition proche de celle rencontrée en milieux académiques.

Il faut noter que nous avons prêté attention à deux points, souvent peu pris en compte dans les travaux similaires :

- Nous n'avons intentionnellement pas mentionné que l'« intelligence artificielle » (IA) est à la base des robots conversationnels et des outils de détection ; ce terme étant trop générique, et souvent plutôt utilisé à des fins commerciales. L'utiliser sans préciser le fonctionnement des systèmes participe à créer un flou, à attribuer à ces derniers des performances magiques, souvent bien différentes de leurs performances réelles, n'est rien d'autre qu'une stratégie de marketing (Narayanan et Kapoor, 2024).
- Nous avons autant que possible évité d'anthropomorphiser les performances et productions des robots conversationnels, préférant donc mentionner que les humains *écrivent* un texte et que les robots le *génèrent*. Là aussi, l'anthropomorphisation montre faussement que les performances, mais parfois aussi les processus à l'œuvre dans les systèmes sont très proches de ceux des humains, ce qui n'est pas le cas (Floridi, 2023).

Notre position est que verser dans la généralisation ou bien l'anthropomorphisation des processus ou performances des robots conversationnels, ou de tout autre outil de ce type, nous prive du recul nécessaire pour évaluer le plus justement possible ces processus ou performances. Cet article présente un bref état de l'art sur le sujet de la détection de l'usage de robots conversationnels, ainsi que sur le fonctionnement de CM+, pour en venir à décrire la méthode et les résultats de notre test du système, et finit par une discussion.

2. DETECTION DE L'USAGE DE ROBOTS CONVERSATIONNELS : UNE BREVE REVUE

La détection de l'usage de robots conversationnels amène une série de questions : Comment cette détection fonctionne-t-elle ? Est-elle fiable ? Et ensuite, dans le cas où la réponse est positive, cette détection peut-elle être utilisée en contexte éducatif ?

Les chercheurs travaillant sur ce problème partent du principe que les documents produits par des robots conversationnels ont des caractéristiques particulières pouvant être détectées automatiquement, soit par de simples analyses statistiques des documents, ou bien par des analyses plus sophistiquées. Par exemple, il a été montré que la référence à des sentiments est moins fréquente que dans les textes écrits par des humains, la fréquence de pronoms personnels ou de tournures agressives est plus basse, enfin, la fréquence de mots peu usités est plus haute (Mitrovic *et al.*, 2023). Yu *et al.* (2023) indiquent aussi que les documents générés par des robots ont plus de mots uniques (hapax) et moins d'erreurs grammaticales que ceux écrits par des humains. Des outils graphiques, comme GLTR de Gehrmann *et al.* (2019) permettent de mettre en évidence la plus grande diversité et moindre prédictibilité des documents générés par des humains. Plus récemment, des systèmes plus sophistiqués, dont CM+, utilisent l'apprentissage profond (*deep learning*) pour les entraîner à classer les documents selon leur probabilité d'inclure des passages générés par des robots conversationnels.

S'il y a déjà des travaux testant les performances de détecteurs de robots conversationnels, ils sont encore peu nombreux et utilisent souvent, soit les versions gratuites des détecteurs, de plus, en langue anglaise, soit des outils prototypiques, non disponibles au grand public. Voici une brève revue de ces travaux.

Weber-Wulff *et al.* (2023) ont testé 14 détecteurs de robots conversationnels (leur version gratuite, CM+ inclus) sur 5 types de documents (54 au total) : écrits par des humains (nommés H), écrits par des humains puis traduits en anglais (H), générés par un robot conversationnel (M), générés par un robot puis révisés par un humain (MH) et enfin générés par un robot puis révisés par ce même robot (MM). Le score d'exactitude des détecteurs (voir Encadré 2 pour sa formule de calcul) a une grande variabilité : de 33 % à 76 % (74 % pour CM+). Ce score, prenant en compte l'analyse de Vrais négatifs (des documents humains correctement détectés), est optimiste car les systèmes testés ont des scores élevés dans la détection de ces derniers (96 % en moyenne), qui se dégradent fortement dans la détection des textes générés par des robots.

Chaka (2023) a testé 5 détecteurs (toujours dans leur version gratuite) leur capacité, d'une part à détecter du texte anglais généré par trois robots conversationnels, et d'autre part à le détecter une fois traduit, par *Google Translate*, dans d'autres langues (5 langues testées, dont le français), ce qui correspond à des documents M et MM. La meilleure performance a été de 15 Vrais positifs (des textes générés par des robots correctement détectés) pour 6 Faux positifs (des textes écrits par des humains et faussement attribués à des robots) pour les documents anglais. La traduction espagnole des textes par le meilleur détecteur l'a amené à une performance de 13 Vrais positifs pour 4 Faux positifs, les quatre autres détecteurs ayant des performances bien plus faibles.

Šigut *et al.* (2023) s'intéressent à comparer les performances de deux détecteurs, dont CM+ version gratuite, sur des documents écrits par des humains ou générés par ChatGPT 3.5 ou 4.0, en tchèque et français *vs.* leur traduction en anglais (*via DeepL*), soit au total 135 documents. Le score d'exactitude pour les documents en langue originale générés par

ChatGPT 4.0 est de 50 %, et baisse à 44 % pour les textes traduits des performances proches du hasard.

Ces résultats sont très proches de ceux trouvés par van Oijen (2023), qui a testé 7 détecteurs gratuits sur 10 documents (6 M et 4 H). Le meilleur score d'exactitude pour les documents M est de 50 %, là aussi égal à celui du hasard, deux détecteurs ayant même un score de 0 %. En revanche, le score d'exactitude pour les documents H atteint 100 % chez 3 détecteurs.

L'un des rares résultat montrant une bonne performance d'un outil de détection de robot conversationnel vient d'une étude de Bellini *et al.* (2024). Ces derniers ont testé les performances de détection de ChatGPT 4 de quatre outils en ligne. De courts articles scientifiques sur des sujets médicaux ont été générés par le robot conversationnel en deux passes : avec un prompt standard, puis avec un second prompt demandant « d'éviter le style de ChatGPT et la possibilité que le texte soit détecté ». Les performances de détection des outils sur ces textes ont été comparées à celles d'un document écrit par un humain. Les résultats, sur un nombre de documents très réduit (10) montrent des performances de détection très hétérogènes : le meilleur outil (originality.ai, <https://originality.ai>) détectant correctement l'origine de tous les documents (exactitude de 100 %), le moins bon en détectant seulement 20 %. Il est enfin à noter que, en agrégeant les résultats des quatre outils, il n'y a pas de baisse de performance de détection des documents de la passe 1 comparée à celle de la passe 2.

En résumé, cette brève revue nous permet de mettre en avant la faible performance générale des outils de détection de robots conversationnels, notamment lorsque ces robots sont les plus évolués (ChatGPT v. 4.0). Paradoxalement, ces outils ont de meilleures performances dans leur détection des documents H que des documents M, ce qui fait augmenter leur score d'exactitude. De plus, ces études sont principalement réalisées à partir de documents en anglais, pas nécessairement produits en contexte académique, et testant les versions gratuites des détecteurs.

Cet article vise à tester la version commerciale de l'un d'entre eux, CM+, avec les robots conversationnels les plus évolués. Notre question de recherche est la suivante : *quelles sont les performances de CM+ si on lui fait traiter un corpus de documents proches de celles rencontrées dans le milieu académique ?* Ses performances seront présentées de manière standardisée dans des matrices de confusion, et divers scores (exactitude, précision, sensibilité, rappel, F1, voir section 4.5), eux aussi standardisés, rendront compte plus finement de ses performances. Nous étudierons aussi les performances de CM+ lorsqu'un document (H ou M) est modifié par un robot conversationnel. Avant de présenter notre étude, détaillons le fonctionnement de CM+ tel que nous pouvons le comprendre de la documentation de son concepteur.

3. LE FONCTIONNEMENT DE COMPILATIO MAGISTER +

Le fonctionnement de CM+ n'est pas clairement documenté, que ce soit sur le site de son concepteur ou dans des articles scientifiques. Frédéric Agnès, le P.-D.G. de Compilatio, en présente le fonctionnement dans une vidéo du CSE de l'université de Lausanne (Centre de soutien à l'enseignement, CSE UNIL, 2023, extrait vidéo entre 6'00'' et 13'19''), que nous résumons ici. CM+ s'appuie sur des techniques avancées de traitement automatique des langues, que nous pouvons sommairement décrire ainsi :

1. Les mots de chaque document sont représentés dans un espace à grandes dimensions (plusieurs milliers), selon la méthode des « *Word embeddings* » (plongements lexicaux). Ainsi, les mots de sens proche se situeront à proximité dans l'espace. De plus, des couples de mots ayant des rapports similaires se situeront à des distances égales l'un de l'autre et les vecteurs formés par chaque couple auront une direction similaire (e.g., le vecteur composé des mots « Paris » et « France » aura la même norme et direction que celui composé des mots « Ankara » et « Turquie »). Cette représentation est un modèle approximatif du sens des mots, ce qui va être utile, par exemple pour extraire ce que l'on nomme des attributs (*features*) des documents (e.g., le nombre de phrases par paragraphe, le nombre de mots par paragraphe, la présence de mots spécifiques, comme « toutefois », « mais », « parce que », etc., voir Desaire *et al.*, 2023, pour un détail de cette technique). À la fin de cette étape, chaque document n'est plus représenté par les mots qui le composent, mais par un grand nombre d'attributs qui le caractérisent de manière unique ;
2. Ensuite, un grand corpus de documents, composé d'une part de documents écrits par des humains et d'autres générés par des robots conversationnels et étiquetés sont transformés en attributs selon l'étape 1 pour être soumis à analyse par des techniques d'apprentissage profond (*deep learning*), afin que le système génère automatiquement les règles permettant de les classer aussi fiablement que possible dans l'une ou l'autre des classes « humain » ou « machine ». La langue et le domaine de ce corpus de documents, et bien sûr le corpus lui-même, ont été sélectionnés par ses concepteurs. Cette sélection, non explicitée pour des raisons de protection commerciale du produit, est faite selon les partis-pris des concepteurs et influe grandement sur les performances du système ;
3. Enfin, une fois que le système de l'étape 2 est suffisamment entraîné, on peut présenter un nouvel ensemble de documents (dont on connaît la classe, H vs. M) pour tester la fiabilité du système et, s'il s'avère qu'il est suffisamment fiable, le développer à grande échelle. Il est important de noter que la qualité des résultats dépend de la langue des corpus d'entraînement. Nous supposons, même si ce point n'est pas non plus documenté pour CM+, que ce dernier a été entraîné avec des corpus de documents en langue française, et partage le plus possible de caractéristiques des données d'entraînement.

4. METHODE

Avant de détailler la méthode de notre étude, il nous faut avoir une idée des principaux paramètres du contexte d'utilisation de robots conversationnels à l'université, afin de générer des documents représentatifs de cette utilisation. Ces paramètres sont très nombreux et, comme nous avons un nombre limité de tickets d'évaluation de CM+, nous avons dû faire des choix. Chacun des paramètres ci-après peut influencer sur les résultats finaux de détection de CM+. Nous avons essayé d'en proposer la plus grande variété possible, en restant aussi les plus proches possible d'une utilisation réelle des robots conversationnels. Les principaux paramètres qui varient sont :

- *la langue* : CM+ étant un système français, nous supposons qu'il est suffisamment performant pour la détection de document écrits en français ; mais tous les étudiants ne sont pas des locuteurs natifs francophones et le système pourrait catégoriser en Faux positifs des documents écrits par des allophones (Liang *et al.*, 2023). Toutefois, nous avons préféré ne pas faire varier ce paramètre et ne faire analyser que des documents en français ;

- *le domaine* : la matière dont il est question dans le document ; il est possible que la composition du corpus d’entraînement rende CM+ plus performant dans certains domaines que d’autres. Nous avons décidé de faire varier ce paramètre (voir section 4.2) ;
- *le type de travail universitaire* : sa longueur, sa complexité syntaxique et lexicale, mais également sa forme (essai, résumé, synthèse). Nous avons également décidé de faire varier ce paramètre ;
- *le type de robot conversationnel utilisé* : il existe de nombreux robots conversationnels sur le marché, certains d’accès gratuit et d’autres d’accès payant. Il est tout à fait possible que certains parviennent mieux que d’autres à générer des documents moins détectables (Šigut *et al.*, 2023). Ce paramètre a également varié dans notre étude ;
- *le type de prompt utilisé* : un prompt est la requête donnée en input au robot conversationnel pour qu’il génère une réponse. Comme l’ingénierie du prompt est complexe et que des prompts très élaborés pourraient rendre la détection de leur résultat plus difficile, nous avons préféré ne pas faire varier ce paramètre. Nous avons utilisé des prompts simples et ne les avons reformulés que si le robot conversationnel venait à proposer une réponse non satisfaisante (voir ci-après, et l’Encadré 1 qui présente certains prompts utilisés) ;
- *le type de révision après génération* : il est à noter que de multiples révisions d’un même document (que ce soit par machine ou humain) le rend plus difficilement détectable (Cai et Cui, 2023). Nous avons aussi décidé de faire varier ce paramètre.

4.1 SITUATIONS D’UTILISATION DE ROBOTS CONVERSATIONNELS A L’UNIVERSITE

Compte tenu de ce qui précède, nous avons constitué un corpus comprenant quatre types de documents :

- des documents écrits par des étudiants (copies d’examen), ou diverses personnes (issus de l’encyclopédie en ligne Wikipédia), dans un but académique (dorénavant appelés *documents H*, pour humain) ;
- des documents générés par des robots conversationnels (appelés *documents M*, pour machine) ;
- des documents générés par des étudiants et ensuite améliorés, enrichis, par des robots conversationnels (appelés *documents HM*) ;
- des documents générés par des robots conversationnels, passés au détecteur CM+, et dont les passages détectés ont été modifiés par ces mêmes robots (appelés *documents MM*).

Ces quatre types de documents sont censés couvrir une partie, que nous estimons suffisante, des utilisations de ce type d’outils en contexte universitaire :

- *les documents H* sont pertinents à tester pour vérifier que le détecteur ne fait pas de Faux positifs (*i.e.*, signale à tort qu’un document écrit par un humain a été en réalité généré, en tout ou partie, par un robot conversationnel) ;
- *les documents M* sont pertinents à tester pour s’assurer que le détecteur parvient à en détecter le plus grand nombre possible (score de précision). Cela pourrait correspondre à un usage du robot conversationnel par des étudiants, pour se débarrasser d’un devoir au lieu de l’écrire ;
- *les documents HM* correspondent à des documents H, dont le premier jet est écrit par des étudiants, mais qui ont voulu en améliorer soit le contenu soit le style en recourant à un robot conversationnel ;

- enfin, *les documents MM* sont des documents générés par la machine et passés au détecteur pour en révéler les possibles failles (passages détectés comme générés par la machine) ; ces passages sont ensuite donnés au robot conversationnel pour reformulation, afin d’espérer en gommer la provenance. Les concepteurs de CM+ signalent toutefois que « Le texte reformulé sera *plus proche d’une génération de textes par IA*. Il sera plus enclin à être reconnu comme tel. » (les auteurs soulignent, voir <https://support.compilatio.net/hc/fr/articles/17407151992465>), ce test permettra de trancher sur la capacité de CM+ à détecter plus aisément, ou non, des documents retouchés deux fois par une machine en comparaison avec les documents M.

4.2 CONSTITUTION DU CORPUS

Dans le but de tester une diversité de types de documents, nous avons choisi d’en sélectionner dans deux domaines : les sciences de la nature et informatique (SNI) d’une part, et les sciences humaines et sociales (SHS) d’autre part. Pour qu’ils correspondent à des productions universitaires standard (type « devoirs à la maison »), nous avons sélectionné et fait générer des documents de taille relativement réduite (environ 1 500 mots).

Les documents H (écrits par des humains) sont composés, d’une part, d’une dizaine de copies d’examen d’étudiants anonymisées du début des années 2000, utilisées à l’époque pour tester un système de détection de sections de cours (Lemaire et Dessus, 2001) ; et d’autre part de pages Wikipédia sur des thèmes divers (*cf.* ci-dessous). Comme il commence à être difficile d’être sûr, *a priori*, que des documents ne sont pas, au moins partiellement, générés par un robot conversationnel, nous avons repris l’idée de Mindner *et al.* (2023). Nous avons récupéré des pages Wikipédia sur des sujets divers, dans les SHS et les SNI. Pour nous assurer de leur « non-pollution » nous avons utilisé la *Wayback machine* (<https://web.archive.org>) pour récupérer la version de ces pages à la date de mi-2016. Nous avons aussi fait produire, par deux robots conversationnels largement utilisés (Claude 2.0 ou 2.1 et ChatGPT 4), des documents M, sur les thèmes des documents précédents, dans une taille équivalente. Le Tableau 1 ci-dessous reprend les principales caractéristiques des documents du corpus, et des détails sont donnés ci-après. Il nous faut noter que, par la suite, les analyses ont regroupé les deux domaines, car les effectifs par domaine étaient insuffisants pour déterminer des performances représentatives.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des documents du corpus de test initial

Domaine	Thèmes	Auteur ou générateur	<i>N</i>
SHS	L’effet Pygmalion, Jean Piaget, l’attention, la motivation, la parenté	Wikipédia (H)	5
		Robot conversationnel (M)	10
SNI	Le réchauffement climatique, la protéine, le chat de Schrödinger, la naine blanche, le test de Turing	Wikipédia (H)	5
		Robot conversationnel (M)	10
SHS	Sciences de l’éducation : pensée des enseignants, analyse de l’activité des élèves et des enseignants	Étudiants (copies d’examen) (H)	10
Total			40

Légende : SHS : sciences humaines et sociales ; SNI : sciences de la nature et informatique.

Ces 40 documents composent le corpus initial des documents H et M. Quarante-six documents ont été ajoutés, formant les documents HM et MM, de la manière suivante :

- Pour composer les documents HM, nous avons d’une part sélectionné les documents H dont des passages ont été détectés — à tort — par CM+ et avons demandé que ces derniers soient reformulés et précisés, à l’aide des deux robots conversationnels. Six documents issus de la Wikipédia (Piaget, Motivation, Attention, Turing, Protéine, et Réchauffement climatique) étaient dans ce cas, ce qui donne *12 documents HM* ;
- Nous avons aussi, systématiquement, fait modifier (reformuler et préciser) les copies d’examen par les 2 robots conversationnels (qu’ils aient ou non été sujets à détection par CM+), car cela pourrait correspondre à une situation où des étudiants veulent améliorer le contenu de leur texte. Cela donne *20 autres documents HM* ;
- Enfin, pour composer les documents MM, nous avons fait modifier les documents M ayant été sujets à détection par CM+ pour les faire reformuler et préciser, dans le but de tester si oui ou non le système continuerait de détecter les passages modifiés. Cela donne *14 documents MM*.

Ce qui porte le corpus à *86 documents au total*. Pour générer les documents M, MM et HM, nous avons utilisé le site Vello.ai (<https://vello.ai/>) qui présentait l’avantage de donner l’accès gratuit à deux des plus performants robots conversationnels, ChatGPT 4 et Claude 2.1 (il faut noter que pendant le déroulement de l’étude, la version de Claude est passée de 2.0 à 2.1).

4.3 METHODE DE GENERATION DES DOCUMENTS M, MM ET HM

Décrivons plus précisément le type de prompts (requêtes en langage naturel donnant un ordre au robot) utilisés pour faire générer les documents par les deux robots conversationnels. Il faut déjà noter que nous avons dû parfois adapter notre stratégie pour faire en sorte que le résultat attendu soit réellement généré, tant les robots conversationnels peuvent avoir des réponses variées et parfois non conformes aux attendus. Si l’ingénierie des prompts est un domaine en pleine expansion, elle n’est à notre avis pas fréquemment maîtrisée par des étudiants tout-venant. Nous n’avons donc pas cherché à construire des prompts sophistiqués, qui seraient de plus moins susceptibles d’être détectés.

Les deux prompts génériques, pour d’une part générer un document sur un thème donné (document M), et d’autre part pour les reformuler (MM et HM) étaient respectivement les suivants :

- Écris un article encyclopédique sur [le sujet X] en environ 1 500 mots.
- Peux-tu reformuler et préciser les paragraphes commençant par XXX, sans modifier les autres paragraphes ?

Mais il faut noter que demander au robot conversationnel de régénérer avec plus de précisions les paragraphes d’un document, fourni juste après le prompt, commençant par “XXX” n’est pas toujours suivi du résultat attendu : parfois le robot ajoute des “XXX” au début de certains paragraphes, parfois il reformule d’autres paragraphes que ceux attendus. Nous avons donc dû, le cas échéant, reformuler le prompt en ne ciblant que les paragraphes concernés. L’Encadré 1 ci-dessous détaille les prompts utilisés.

Encadré 1 : Quelques prompts utilisés pour générer des documents et leurs modifications

Écris un article encyclopédique sur le phénomène de l'attention, en psychologie, d'environ 1500 mots.

Explique en 1500 mots comment l'effet Pygmalion pourrait affecter le bonheur et la réussite scolaire des enfants à l'école.

Retrace l'histoire du concept général de motivation en psychologie.

Écris un article encyclopédique sur le réchauffement climatique d'environ 1500 mots.

Décris et précise-moi en 1500 mots les principaux concepts de la théorie de Jean Piaget.

Détaille en environ 1500 mots l'ensemble des fonctions qu'assurent les protéines au sein des cellules et des tissus.

Écris en environ 1500 mots un document sur Turing et son apport philosophique sur les IA.

Écris un article encyclopédique sur le Chat de Schrödinger, d'environ 1500 mots.

Décris et précise-moi en 1500 mots les principaux concepts de la parenté en sciences humaines.

4.4 TRAITEMENT DES DONNEES

Les données des analyses des documents avec CM+ ont été traitées comme suit. Comme ce dernier n'indique pas, dans ses résultats, les limites des passages des documents qu'il analyse (seuls sont indiqués les passages détectés, et encore dans leur globalité), il nous est impossible de calculer un ratio passages détectés/passages totaux. De plus, CM+ ne documente pas comment sont déterminés ces passages, qui sont d'une granularité plus fine qu'un paragraphe. La méthode d'évaluation, tirée de Weber-Wulff *et al.* (2023), contourne ce problème. Elle sépare tout d'abord les documents écrits par l'humain de ceux écrits par la machine, et range chacun selon le score de détection de paragraphes donné par CM+ dans les catégories décrites dans le Tableau 2 ci-dessous. Par exemple, un taux de 40 % signifie que 40 % des passages du document sont détectés comme produits par l'IA générative. Bien évidemment, les documents générés par la machine et ensuite retravaillés par elle (MM) sont rangés dans la catégorie « Document généré par la machine ».

Les documents HM (initialement écrits par un humain et ensuite modifiés par la machine) ne rentrent *a priori* dans aucune de ces deux catégories. Nous avons calculé le taux de mots modifiés par la machine, qui est le pourcentage de mots détectés initialement par CM+, rapporté à la taille totale du document. Ce taux est toujours faible et va de 2,4 % à 7,5 %, ce qui signifie que les documents humains (Wikipédia et copies d'examen) n'ont été que faiblement retouchés par la machine, ayant eu un taux de détection d'écriture machine très faible. Nous avons donc décidé de ranger ces documents dans la catégorie « Document écrit par l'humain » (H) et de leur appliquer les règles de décision de cette catégorie.

Les documents MM proviennent uniquement de documents M générés par ChatGPT, parce qu'ils ont fait l'objet d'un taux de détection de passages plus élevé que les documents M générés par Claude 2.0 ou 2.1. En revanche, nous les avons faits modifier concurremment avec Claude 2 et ChatGPT 4, à des fins de comparaison. Nous nous sommes aussi centrés uniquement sur les documents ayant le pourcentage de détection IA le plus élevé, soit les

suivants : Attention, Pygmalion, Piaget, Réchauffement climatique, Turing, Schrödinger, et Protéines.

Tableau 2 : Critères de classification des documents (humains vs. machine)

Document écrit par l'humain (H)	
Intervalle (%)	Décision de classement
[100, 80[	Faux positif
[80, 60[	Faux positif partiel
[60, 40[	Non tranché
[40, 20[	Vrai négatif partiel
[20, 0]	Vrai négatif
Document généré par la machine (M ou MM)	
[100, 80[	Vrai positif
[80, 60[	Vrai positif partiel
[60, 40[	Non tranché
[40, 20[	Faux négatif partiel
[20, 0]	Faux négatif

Lecture : Pour un document écrit par un humain, un résultat de 81 % de passages détectés par CM+ est classé « Faux positif ». Repris de Weber-Wulff *et al.* (2023, p. 13).

4.5 CALCUL DES SCORES

Voici comment les principaux scores de performances de CM+ ont été calculés. En regroupant les deux catégories de domaines de documents, nous avons établi les matrices de confusion des performances du système, toujours en nous inspirant en partie du travail de Weber-Wulff *et al.* (2023). Deux types de scores peuvent être calculés : le score *global*, calculé sur l'ensemble des documents, quel que soit leur score de détection (voir Tableau 4) ; et le score d'*exactitude strict*, calculé sur l'ensemble des documents ayant eu un score de détection tranché (voir Tableau 5). L'Encadré 2 détaille les formules des différents scores calculés dans l'étude. Ils seront expliqués au fur et à mesure dans la section Résultats.

Encadré 2 : Formules des différents scores utilisés dans l'étude

$$\begin{aligned}
 \textit{Exactitude} &= (VP + VN)/(VP + VN + FN + FP) \\
 \textit{Spécificité} &= VN/(VN + FP) \\
 \textit{Précision} &= VP/(VP + FN) \\
 \textit{Rappel} &= VP/(VP + FN) \\
 \textit{Exactitude équilibrée} &= (\textit{Rappel} + \textit{Spécificité})/2 \\
 \textit{F1} &= 2VP/(2VP + FP + FN)
 \end{aligned}$$

5. RESULTATS

Cette section décrit les principaux résultats du test de détection de CM+. Le Tableau 3 récapitule les effectifs pour chaque type de document, dans chaque classe définie par le Tableau 2.

Tableau 3 : Résultats du test de détection CM+

Effectifs						
Type de document	Faux positifs	Faux positifs partiels	Indéterminés	Vrais négatifs partiels	Vrais négatifs	Total
H	0	0	0	0	20	20
HM	0	0	0	5	27	32
	Faux négatifs	Faux négatifs partiels	Indéterminés	Vrais positifs partiels	Vrais positifs	Total
M	9	4	6	1	0	20
MM	5	3	6	0	0	14

Lecture : Sur un total de 32 documents écrits par des humains et retouchés par un robot conversationnel (HM), CM+ a signalé que 27 d'entre eux étaient écrits par des humains (score strictement compris entre 0 et 20 %) et 5 d'entre eux étaient partiellement écrits par des humains (score compris entre 20 exclus et 40 %).

Ce Tableau 3 permet, en supprimant la catégorie « indéterminés » et en agrégeant ou non les détections partielles, de produire les deux matrices de confusion suivantes (Tableaux 4 et 5), qui permettent un calcul standardisé de scores de performances (Tableau 6), et donc une comparaison fiable entre systèmes et entre études. Une lecture des matrices de confusion montre que les documents H sont tous bien détectés en tant que tels et que faire modifier des documents H par un robot conversationnel amène 5 documents sur 32 à être partiellement détectés. Un seul des documents M est partiellement détecté et près de la moitié ne le sont pas du tout. Aucun des documents MM n'est détecté, et près du tiers sont considérés comme des documents humains.

Tableau 4 : Matrice de confusion globale, en supprimant les cas indéterminés et en agrégeant les détections partielles avec les détections complètes

		Estimé	
		Positif	Négatif
Réel	Positif	Vrai positif : 1	Faux négatifs : 21
	Négatif	Faux positif : 0	Vrais négatifs : 52

Tableau 5 : Matrice de confusion stricte, en supprimant les cas indéterminés et les détections partielles

		Estimé	
		Positif	Négatif
Réel	Positif	Vrai positif : 0	Faux négatifs : 14
	Négatif	Faux positif : 0	Vrais négatifs : 47

Tableau 6 : Scores d'exactitude, précision, rappel, et F1 pour les 2 matrices de confusion ci-dessus (en %)

Scores	Exactitude	Précision	Spécificité	Exactitude équilibrée	Rappel	F1
Scores globaux	71,6	100	100	52,3	4,5	8,7
Scores stricts	77,0	0	100	50,0	0	0
Scores concepteur	92,3	92,5	N/A	N/A	92,5	N/A

Passons maintenant à l'explication des différents scores de performance. Le *score d'exactitude* donne une information sur le taux de détection des Vrais positifs *et* des Vrais négatifs, donc CM+ parvient à détecter si un document a été écrit par un humain ou une machine pour environ trois quarts des documents. Il faut toutefois noter que ce score, comme il combine la détection H et M, masque le fait que CM+ détecte tous les Vrais négatifs (documents H ou HM) et quasiment aucun Vrai positif (documents M ou MM, voir Tableau 3). Le score d'exactitude trouvé avec la version payante de CM+ est conforme avec celui trouvé en utilisant la version gratuite, avec des documents de taille plus petite (Weber-Wulff *et al.*, 2023 trouvent un score d'exactitude de 74 %, voir section 2).

Le *score de précision*, lui, va se centrer uniquement sur les Vrais positifs. C'est le ratio de Vrais positifs parmi toutes les prédictions positives. Ce ratio sera d'autant plus élevé que le nombre d'erreurs lors d'une prédiction positive (Faux positifs) sera faible, minimisant les accusations d'utiliser un robot conversationnel à tort. Ce score permet donc d'établir une certaine *justice académique*, où les enseignants n'accuseraient pas à tort des non-usages. CM+ n'ayant reconnu, et encore que partiellement, qu'un seul document généré par un robot et n'ayant produit aucun Faux positif, le score de précision est donc de 100 % globalement (mais ce résultat n'est fondé que sur une seule valeur), et de 0 % si on ne considère pas les résultats partiels. Cela signifie que CM+ a une précision nulle : il ne parvient pas à détecter des documents générés par la machine.

La *spécificité* mesure la proportion de Vrais négatifs par rapport au nombre de négatifs au total. On peut voir que c'est ici qu'il obtient de meilleurs résultats. Cela signifie que CM+ détecte très bien les documents générés par des humains.

Comme il y a un déséquilibre manifeste dans les différentes classes (avec un nombre très important de Vrais négatifs), le score *d'exactitude équilibrée* (*balanced accuracy score*) permet de rééquilibrer le score, il se calcule comme la moyenne arithmétique du score de rappel et de spécificité. On voit, avec ce calcul, s'effondrer le score d'exactitude et le ramener au niveau du hasard.

Le *score de rappel*, également appelé sensibilité, se centre également sur les Vrais positifs, mais en calculant un ratio avec le nombre de cas *réellement* positifs. Ce ratio sera donc d'autant plus élevé que le système détecte correctement les documents générés par un robot, tout en minimisant le nombre d'oublis (faux négatifs). Ce score est donc également relié à la question de *l'intégrité académique*, mais il faut noter qu'il ne s'intéresse pas aux documents humains. Le score de rappel de CM+, très faible quel que soit le mode de calcul (global ou strict), montre qu'il parvient très faiblement à cibler les documents réellement générés par une machine.

Le *score F1* est une combinaison des deux scores précédents (précision et rappel). Son score d'environ 10 % signale que, pour une prédiction correcte, CM+ fait plus de 10 erreurs. Il est à noter que les documents humains issus de la Wikipédia ont des taux de Faux positifs bien plus importants que les copies d'examen et que cela ne peut être attribué à leur longueur moyenne plus grande. Nous pensons que cela peut être dû, d'une part, au fait que la Wikipédia en entier a servi de corpus d'entraînement aux différents robots conversationnels, dont les deux que nous avons utilisés et, d'autre part, à la plus grande hétérogénéité de leurs auteurs, certains pouvant de plus ne pas être locuteurs de français L1. En effet, des travaux ont montré que les rédacteurs de L2 avaient plus de chances de voir leur production détectée (Liang *et al.*, 2023).

Nous nous sommes enfin penchés sur la différence des scores de détection pour les documents HM et MM, entre la première et la seconde passe. Les concepteurs de CM+ signalent que faire reformuler, dans une deuxième passe, un passage détecté ne le rend pas moins détectable.

Le Tableau 7 permet d'examiner cet argument. On peut remarquer que le type de source (Wikipédia *vs.* copies d'examen) interagit avec le score de détection : pour les documents Wikipédia, la reformulation des passages détectés en première passe a tendance à abaisser le score à la deuxième, alors que c'est le contraire pour les copies d'examen. Il est possible que ce phénomène soit dû à l'hétérogénéité des styles d'écriture dans la Wikipédia (combiné au fait que certains auteurs peuvent être non francophones), alors que pour les copies d'examen, plus homogènes, on peut noter une augmentation des scores de détection à la seconde passe.

Les deux dernières colonnes du Tableau 7 montrent que les documents générés par la machine, lors d'une seconde passe, ont des scores de détection sensiblement plus bas, ce qui contredit les concepteurs de CM+ : une reformulation des passages détectés générée par robot conversationnel amène une baisse de la qualité de la détection (la moyenne du score de passages détectés passant de 45,9 % (écart-type, 15,0) à 29,6 % (écart-type, 18,2)).

Enfin, rappelons que nous avons fait le choix de ne pas analyser la qualité de la détection selon le domaine des documents (SHS *vs.* SNI) pour éviter d'avoir des effectifs trop réduits par catégorie. Comme indiqué en section 4.3, les documents les plus aisément détectés par CM+ sont également répartis dans les deux domaines considérés, ce qui laisse penser que le domaine pourrait ne pas avoir d'effet sur les chances de détection.

Tableau 7 : Évolution des scores de détection dans les documents HM issus de la Wikipédia

Wikipédia (HM)		Copies d'examen (HM)		Documents MM	
Passé 1 (%)	Passé 2 (%)	Passé 1 (%)	Passé 2 (%)	Passé 1 (%)	Passé 2 (%)
0	0	0	0	18	13
0	0	0	0	18	16
2	1	0	0	39	27
2	2	0	0	39	34
3	0	0	0	44	0
3	0	0	0	44	47
3	0	0	0	45	24
3	2	0	0	45	42
3	3	0	0	52	4
3	3	0	0	52	49
7	2	0	3	54	45
7	3	0	11	54	56
		0	11	69	13
		0	13	69	44
		0	20		
		0	23		
		0	31		
		0	32		
		0	32		
		0	32		

Lecture : Le premier document HM Wikipédia a un score de détection de 0 %, que ce soit avant (passé 1) ou après (passé 2) avoir été reformulé par un robot conversationnel.

6. DISCUSSION

Le but de cette étude était de tester les performances de la version commerciale *Compilatio Magister +* dans la détection de documents générés, en totalité ou partie, par des robots conversationnels. Nous avons constitué un corpus de 86 documents, soit entièrement écrits par des humains, soit entièrement générés par deux robots conversationnels différents (ChatGPT 4 et Claude 2.0 ou 2.1), soit encore des documents d'une de ces deux catégories « retouchés » ensuite par les deux robots conversationnels, de manière à avoir des documents correspondant à des situations académiques réelles.

Les résultats montrent que, dans ces situations, paradoxalement, *Compilatio Magister+* obtient des scores sans erreurs pour la détection des *écrits humains*. Sa détection ne génère aucun Faux positif. Il obtient grâce à cela un score global d'exactitude de 76 %, ce qui est

bien plus bas que les données des concepteurs, mais plus élevé que le score obtenu par Šigut *et al.* (2023), testant aussi des documents en tchèque. En revanche, son score de détection (exactitude corrigée du déséquilibre des classes) n'est pas meilleur que le hasard, et son score F1 montre que pour une prédiction correcte, CM+ fait plus de 10 erreurs. Il est possible que les concepteurs de CM+ n'aient pas pris le risque de baisser le seuil de détection des Vrais positifs, au risque d'augmenter en conséquence celui des Faux positifs, et donc des accusations à tort.

Ces résultats sont très largement inférieurs à ceux documentés par les éditeurs de CM+. L'une des raisons pourrait être que ChatGPT 4.0 générerait des documents bien moins détectables que sa précédente version 3.5 — que nous supposons avoir été utilisée dans les tests des éditeurs. D'autre part, ces résultats sont comparables à ceux de la littérature (Šigut *et al.*, 2023 ; van Oijen, 2023 ; Weber-Wulff *et al.*, 2023).

Les limites de cette étude, et donc les pistes de recherches à venir sont les suivantes : nous n'avons pas cherché à peaufiner des prompts évolués, qui auraient peut-être fait baisser encore les performances du système, et, parce que les robots conversationnels ne généraient pas toujours les résultats attendus, nous avons dû leur fournir seulement les passages concernés et non pas le document entier pour les documents HM et MM. Cela, en revanche, devrait avoir tendance à fournir des documents générés moins cohérents, donc plus aisément détectables.

Notons une autre piste : de même qu'il existe des sites utilisant des grands modèles de langage modifiant les documents pour qu'ils ne soient pas détectables par des détecteurs de similarités (*e.g.*, plagiat), il en existe aussi qui annoncent les modifier pour les rendre indétectables par un outil de détection d'usage de robots conversationnels (voir *Humanizer Pro*, <https://app.aiprm.com/gpts/g-2azCVmXdy/humanizer-pro>). Il pourra être intéressant de tester les performances de CM+ sur des documents passés par cet outil.

Terminons par des considérations plus générales, pouvant servir à établir des règles d'usage des robots conversationnels en milieu scolaire ou académique. Il est souvent mis en avant que l'usage de ces outils de détection permet d'améliorer, ou au moins de préserver, l'intégrité académique (*e.g.*, Bin-Nashwan *et al.*, 2023), vue comme la promotion de valeurs comme l'honnêteté, la confiance, la responsabilité, le respect, le pouvoir d'agir. Mais peut-on vraiment dire que ces valeurs sont respectées si elles amènent la détection abusive de Faux positifs et placent des personnes dans des situations où elles sont accusées sans pouvoir fournir de contre-arguments ? Et ce d'autant plus si les performances des systèmes de détection sont proches de celle du hasard ? Sans doute pas. Comme l'indiquent ces derniers auteurs, l'intégrité académique est en suspens depuis l'arrivée des robots conversationnels « Ils peuvent tout autant être utilisés pour gagner du temps, renforcer l'estime de soi, améliorer l'auto-efficacité académique et réduire le stress, commettre des mauvaises conduites et du plagiat » (*id.*, p. 5). Ces résultats vont dans les sens des décisions, de plus en plus fréquentes, de désactiver les fonctions de détection d'usage de robots conversationnels des plates-formes universitaires de détection de similitudes textuelles dans les travaux étudiants (notamment de *Turnitin*, majoritairement utilisé aux États-Unis). Dans l'état actuel des performances de ces outils de détection et dans des situations d'évaluation à fort enjeu, il est préférable de ne pas sanctionner l'utilisation de robots conversationnels mais plutôt de placer les élèves ou étudiants dans des situations où ils ne pourront les utiliser (*e.g.*, examen sur table, oraux).

7. NOTE DES AUTEURS

Nous avons utilisé la version 2.2 de *Compilatio Magister+* du 29 novembre 2023 au 20 décembre 2023. Les résultats de ce test ne valent donc que pour cette période et on ne peut tirer de conclusions fermes sur les versions ultérieures du système, ou avec un autre corpus que celui collationné pour cette étude. Les auteurs remercient la société *Compilatio* qui nous a aimablement fourni des crédits d'accès à *Compilatio Magister +* pour réaliser cette étude, et qui a répondu avec diligence et précision aux questions que nous avons posées à son service d'aide technique. Nous tenons à la disposition de quiconque nous sollicitera le corpus des documents utilisés dans l'étude, à des fins de réplification. Ils remercient aussi Timothée Liotard pour son aide dans le recueil des résultats et François Portet pour ses commentaires d'une version précédente de l'article. Nous avons utilisé Deepl (<https://www.deepl.com/>) pour générer le résumé anglais, que nous avons ensuite édité.

REFERENCES

- Bellini, V., Semeraro, F., Montomoli, J., Cascella, M. et Bignami, E. (2024). Between human and AI: assessing the reliability of AI text detection tools. *Current Medical Research and Opinion*, 40(3), 353–358. <https://doi.org/10.1080/03007995.2024.2310086>
- Bin-Nashwan, S. A., Sadallah, M. et Bouteraa, M. (2023). Use of ChatGPT in academia: Academic integrity hangs in the balance. *Technology in Society*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102370>
- Cai, S. et Cui, W. (2023). *Evade ChatGPT detectors via a single space*. <https://arxiv.org/pdf/2307.02599.pdf>
- Chaka, C. (2023). Detecting AI content in responses generated by ChatGPT, YouChat, and Chatsonic: The case of five AI content detection tools. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(2). <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.12>
- CSE UNIL (2023, 3 mai). *Détection des textes produits par des IA*. Entretien avec Frédéric Agnès, P-DG de *Compilatio*. Vidéo YouTube <https://youtu.be/yYP1zqrNiJE?si=K0aq7uvo7So5ZjPQ>
- Desaire, H., Chua, A. E., Kim, M. G. et Hua, D. (2023). Accurately detecting AI text when ChatGPT is told to write like a chemist. *Cell Rep Phys Sci*, 4(11). <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2023.101672>
- Floridi, L. (2023). *L'éthique de l'intelligence artificielle. Principes, défis et opportunités* (E. Panaï et E. R. Goffi, Trad.). Mimésis.
- Gehrmann, S., Strobelt, H. et Rush, A. M. (2019). GLTR: Statistical detection and visualization of generated text. *Proceedings of the 57th Annual meeting of the association for computational linguistics: system demonstrations* (p. 111–116). ACL. <https://aclanthology.org/P19-3019.pdf>
- Lemaire, B. et Dessus, P. (2001). A system to assess the semantic content of student essays. *Journal of Educational Computing Research*, 24(3), 305–320. <https://doi.org/10.2190/G649-0R9C-C021-P6X3>

- Liang, W., Yuksekgonul, M., Mao, Y., Wu, E. et Zou, J. (2023). GPT detectors are biased against non-native English writers. *Patterns*, 4(7), 100779. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100779>
- Mindner, L., Schlippe, T. et Schaaff, K. (2023). Classification of human- and ai-generated texts: investigating features for ChatGPT. Dans T. Schlippe, E.C.K., Cheng et E.C.K., Wang, T. (dir.), *Artificial Intelligence in Education Technologies: New Development and Innovative Practices (Proc. AIET 2023)* (p. 152–170). Springer, LNDECT vol. 190. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7947-9_12
- Mitrovic, S., Davide, A. et Ayoub, O. (2023). *ChatGPT or human? Detect and explain. Explaining decisions of machine learning model for detecting short ChatGPT-generated text*. <https://arxiv.org/abs/2301.13852>
- Narayanan, A. et Kapoor, S. (2024). *AI snake oil: What Artificial Intelligence can do, what it can't, and how to tell the difference*. Princeton University Press.
- Šigut, P. et Foltýnek, T. s. (2023). Can we detect chatgpt-generated texts in czech and slovak languages? Dans A. Horák, P. Rychlý et A. Rambousek (dir.), *Proceedings of recent advances in slavonic natural language processing (RASLAN 2023)* (p. 35-43). Tribun EU.
- van Oijen, V. (2023). AI-generated text detectors: Do they work? *SURF Communities*. <https://communities.surf.nl/en/ai-in-education/article/ai-generated-text-detectors-do-they-work>
- Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., Šigut, P. et Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity*, 19(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z>
- Yu, P., Chen, J., Feng, X. et Xia, Z. (2023). CHEAT: A large-scale dataset for detecting ChatGPT-writtEn AbsTracts. <https://arxiv.org/pdf/2304.12008.pdf>

Intelligence artificielle générative et éducation scolaire : quelques réflexions

Generative artificial intelligence and school education: some thoughts

Éric BRUILLARD

Université Paris-Cité, Laboratoire EDA

Résumé. Ce texte reprend et analyse différentes sources récentes (2024-2025) sur l'intelligence artificielle générative (IAG) en éducation scolaire. Il s'appuie notamment sur le journal américain *Edweek* qui rend compte des rapports récents sur l'intelligence artificielle et l'enseignement aux États-Unis et fournit enquêtes, témoignage, analyses, etc. Il analyse la question des hallucinations des IAG, leur contrôle et leur vérification, les enquêtes sur les utilisations par les élèves et les enseignants et les inégalités liés au rapport au savoir et à l'école. Il analyse les risques liés à l'adoption des IAG comme des compagnons, voire des conseillers. Enfin, un focus est mis sur les questions de pensée critique, envisagée comme une technique, une réponse possible aux erreurs des IAG que l'on ne peut éviter.

Mots-clés : IA générative, Wikipédia, esprit critique, inégalités scolaires, tricherie, compagnon IA

Abstract. *This text reviews and analyses various recent sources (2024-2025) on generative artificial intelligence (GenAI) in school education. In particular, it draws on the American newspaper Edweek, which shows recent reports on artificial intelligence and education in the United States and provides surveys, testimonials, analyses, etc. It analyses the issue of GenAI hallucinations, their control and verification, surveys of use by pupils and teachers and inequalities linked to the relationship with knowledge and school. It analyses the risks involved in adopting GenAIs as companions, or even advisors. Finally, the focus is on critical thinking, seen as a technique, a possible answer to the errors of GenAI that cannot be avoided.*

Keywords: *Generative AI, Wikipedia, critical thinking, educational inequalities, cheating, AI companion*

1. INTRODUCTION

Ce texte reprend et analyse différentes sources récentes (2024-2025) sur l'IA générative (IAG) en éducation : des articles et rapports de *Edweek* et des *Cahiers pédagogiques*, des analyses du service pédagogique de l'UQAM (*le Collimateur*) ainsi que divers articles scientifiques (2024-2025).

Edweek est un journal de référence consacré à l'éducation scolaire aux États-Unis. Il signale et commente les rapports qui sortent sur l'éducation (notamment les rapports en lien avec l'IAG publiés en 2024 et 2025), génère ses propres études en analysant des données qu'il collecte et auxquelles il fournit souvent l'accès. Il interroge les différents acteurs en lien avec l'éducation : élèves, enseignants, chefs d'établissement, administratifs, politiques, entreprises, chercheurs... Les analyses et réflexions publiées permettent de situer les tendances dans les utilisations de l'IAG, tant par les élèves que par les enseignants, en classe et surtout en dehors de la classe, ainsi que les liens avec les parents.

Suite à une analyse de présentations issues du colloque SITE 2025 (Bruillard, 2025), consacrée aux enseignants et à la formation des enseignants, correspondant à l'enseignement supérieur et aux universités, ce texte se centre sur l'enseignement secondaire et les questions posées par les utilisations de l'IAG.

Il débute par l'étude des contenus générés par les IAG, leur contrôle et leur vérification notamment en lien avec Wikipédia. Les erreurs générées par les IAG constituent un défaut majeur dont il faut tenir compte dans l'analyse de leurs utilisations. Wikipédia réussit à les éviter et les groupes humains qui la font vivre tentent de maintenir cette qualité. Ensuite, diverses enquêtes permettent d'avoir une idée assez précise des taux d'adoption des IAG par les élèves et les enseignants, ainsi que les points de vue des acteurs de l'éducation et des parents. Il est essentiel d'aller au-delà et de détecter ce qui se cache derrière les taux constatés. Cela conduit à regarder plus en détail les modalités d'utilisation de l'IAG (tricherie/transparence), mais aussi de voir les risques et inégalités générés par les IAG.

Enfin, un focus est mis sur les questions de pensée critique, qui peuvent à certains égards être paradoxales. Elles sont constamment invoquées dans les textes, comme une réponse possible aux erreurs des IAG que l'on ne peut éviter.

2. COMMENT VERIFIER LES CONTENUS GENERES PAR L'IA GENERATIVE

*« Le mensonge vole, et la vérité ne le suit qu'en boitant,
de telle sorte que lorsque les hommes en arrivent
à ouvrir les yeux, c'est un quart d'heure trop tard.
La farce est finie, et le conte a produit son effet. »
John Arbuthnot (ou Jonathan Swift)
dans « L'Art du mensonge politique »¹*

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/L%27Art_du_mensonge_politique

Le *Collimateur* a consacré une série de textes à l'IAG², avec notamment une veille sur les nouveautés³. Il a, en particulier, décrit les manières actuelles de traiter les contenus générés par l'IAG⁴ et les éventuelles erreurs qui peuvent être véhiculées.

Notons que ces erreurs sont liées au fonctionnement même des grands modèles de langage. Une annexe présente les réponses de l'IAG *Claude.ai* à une invite sur les cas d'hallucination et une illustration via des métaphores.⁵

2.1 LES ERREURS : LES DETECTER, LES EVITER, LES CORRIGER

Ce point est illustré par la loi dite de Brandolini⁶ ou le principe d'asymétrie des baratins, « aphorisme selon lequel la quantité d'énergie nécessaire pour réfuter des sottises [...] est supérieure d'un ordre de grandeur à celle nécessaire pour les produire ». Ainsi, s'il est facile de créer une fausse information — sur le fond et la forme — en quelques minutes, il faudra probablement plusieurs heures pour démontrer chaque point et montrer la fausseté de l'ensemble. « Ce principe critique la technique de propagande qui consiste à diffuser de l'*infox* facilement et en masse, afin d'exploiter la crédulité d'un certain public en faisant appel à son système de pensée rapide, instinctif et émotionnel ».

Selon le *Collimateur*, les affirmations accompagnées d'une référence inspirent davantage confiance, car on pense encore souvent que les documents cités existent. Vérifier l'existence d'un livre qui n'existe pas est chronophage, de même que remonter aux sources des affirmations. Une telle asymétrie d'effort illustre parfaitement la loi de Brandolini : « quelques secondes suffisent à une IA pour générer une hallucination documentaire, tandis que la vérification de cette information exige un travail minutieux de la part des personnes humaines ». Comme le précise le *Collimateur*, ces erreurs, estampillées par une technologie de pointe, prolifèrent à un rythme bien plus rapide que la capacité humaine à les corriger.

Afin de systématiser les pratiques de repérage et d'édition relatives aux productions automatisées qui ne respectent pas les règles communautaires, le *Wikiproject AI Cleanup*⁷ a été mis sur pied. Il a pour objectif :

- d'identifier les textes écrits par l'IA et les relire pour s'assurer qu'ils respectent les règles de Wikipédia (toute affirmation non sourcée ou probablement inexacte doit être supprimée) ;
- d'identifier les images générées par l'IA et s'assurer qu'elles sont utilisées à bon escient ;
- d'aider et suivre les rédacteurs utilisant l'IA qui ne se rendent pas compte des lacunes de l'IA en tant qu'outil d'écriture.

Il ne s'agit pas de restreindre ou d'interdire l'utilisation de l'IA dans les articles, mais de vérifier que sa production est acceptable et constructive, et de la corriger ou de la supprimer dans le cas contraire.

² <https://collimateur.uqam.ca/tag/ia/>

³ <https://enseigner.uqam.ca/ia/veilles-nouveautes/>

⁴ <https://collimateur.uqam.ca/collimateur/comment-la-communaute-wikipedia-traite-les-contenus-generes-par-lia-generative/>

⁵ <https://claude.ai/public/artifacts/a8a4dadf-ec22-4e72-a454-5b30f2a19792>

⁶

https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Brandolini#:~:text=La%20loi%20dite%20de%20Brandolini,celle%20n%C3%A9cessaire%20pour%20les%20produire%20%C2%BB

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject_AI_Cleanup

Selon Maiberg (2024), grâce à l'engagement constant de volontaires humains, chargés d'examiner les nouveaux articles et de vérifier que les informations présentées proviennent de sources fiables, Wikipédia se révèle plus efficace que d'autres grands services Internet dans la détection et le filtrage des contenus trompeurs générés par l'IAG.

Depuis début octobre 2024, le Wikipédia français s'est également dotée d'un Observatoire des IA⁸, visant des objectifs similaires. L'article correspondant fournit beaucoup de tests intéressants avec différents prompts⁹, notamment pour la détection de textes générés par les IAG.

2.2 « GEMINI, OU LES INFORTUNES DE LA VERTU »¹⁰

Sous ce titre, un article du *Collimateur* raconte l'histoire de l'IAG *Gemini*, juste après son lancement. Des images générées représentaient les fondateurs des États-Unis à la peau noire, des officiers nazis aux traits asiatiques, ou encore des papes de sexe féminin. L'explication est venue des prompts (invites) créés par des utilisateurs, proposant des images dont les protagonistes étaient factuellement erronés. « Aiguillé par la noble intention de diversifier les représentations des personnes, *Gemini* a pêché par excès de zèle inclusif, commettant ainsi des contresens historiques ».

Cela correspond à ce que Salvaggio (2023) nomme du *shadow prompting*, que l'on pourrait traduire en français par l'expression suivante : une métamorphose furtive de l'invite¹¹. Roose *et al.* (2024) expliquent le processus à l'œuvre. On entre un prompt du style « Faites-moi une image des pères fondateurs américains » et l'application, sans vous prévenir, va ajouter des éléments tels que « Veuillez montrer une gamme variée de visages dans cette réponse » et c'est ce message transformé qui va être transmis au modèle.

Selon Roose et ses collègues, il s'agit d'une fonctionnalité dont les théoriciens de la conspiration peuvent s'emparer et affirmer que l'IAG modifie secrètement ce que vous lui demandez de faire pour le rendre plus « woke ». Roose *et al.* suggèrent de donner la possibilité aux utilisateurs de personnaliser les invites en fonction de leur contexte d'utilisation ou de leur vision du monde. Ils peuvent déjà le faire (s'ils maîtrisent suffisamment les techniques de prompt), mais ce n'est pas sans défaut et cela peut renforcer leurs « biais de confirmation ». On est face à un curieux dilemme, qui illustre bien la nécessité de revoir dans ce cadre la notion d'esprit critique.

« En somme, les technologies ne sont jamais neutres et sont porteuses de visions du monde qui charrient avec elles des valeurs — celle des concepteurs ou celles d'utilisateurs ?¹² Le débat ne fait que commencer » Roose *et al.* (2024).

Cette même question est commentée par Prabhakar Raghavan, vice-président de Google sur son blog¹³, qui reprend l'histoire qui vient d'être brièvement décrite, conduisant à mettre en pause la génération d'images de personnes par *Gemini*. Ce dernier, conçu comme un outil de créativité et de productivité, fait des erreurs, notamment quand il s'agit de générer des

⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Projet:Observatoire_des_IA

⁹ : https://fr.wikipedia.org/wiki/Projet:Observatoire_des_IA/Documentation

¹⁰ <https://collimateur.uqam.ca/collimateur/gemini-ou-les-infortunes-de-la-vertu/>

¹¹ <https://collimateur.uqam.ca/collimateur/gemini-ou-les-infortunes-de-la-vertu/>

¹² En ce sens, ce sont bien des instruments et pas uniquement des outils.

¹³ <https://blog.google/products/gemini/gemini-image-generation-issue/> (23 février 2024)

images ou des textes sur des événements d'actualité, des nouvelles en évolution ou des sujets brûlants.

« Comme nous le disons depuis le début, les hallucinations sont un problème connu de tous les LLM - il y a des cas où l'IA se trompe tout simplement. C'est un point que nous nous efforçons constamment d'améliorer. Gemini s'efforce de donner des réponses factuelles aux questions posées - et notre fonction de double vérification permet d'évaluer s'il existe du contenu sur le web pour étayer les réponses de Gemini - mais nous vous recommandons de vous fier à Google Search, où des systèmes distincts remontent des informations fraîches et de grande qualité sur ce type de sujets à partir de sources situées sur l'ensemble du web. »¹⁴

Vu du côté de la pensée critique, cela signifie qu'il faut multiplier les outils et les instruments et qu'il faut accepter, *tout simplement*, comme le dit Prabhakar Raghavan, les limites et les erreurs des IAG. Les détecter sera rarement simple et pourra prendre beaucoup de temps.

Bien évidemment, le mieux est de ne pas les faire générer et de ne pas les diffuser. Ainsi, des étudiants de l'université Stanford travaillent sur un système pouvant générer une page Wikipédia complète¹⁵. Il s'agit de mettre en œuvre des contrôles stricts de l'exactitude avant de publier le contenu généré en ligne. Selon les auteurs, leur système n'interagit pas avec les pages en ligne et ne perturbe pas Wikipédia ; il ne pose aucun problème de protection de la vie privée, n'utilisant que des informations accessibles publiques sur l'internet.

2.3 QUESTIONS DE HARCELEMENT ET DEEP FAKE

À côté des erreurs des IAG, il y a des erreurs intentionnelles, des tromperies, liées aux questions de harcèlement et de *deep fake*.

Aux USA, une enquête nationale représentative menée par le centre de recherche *EdWeek* en septembre 2024 auprès de plus de 1 100 enseignants, directeurs d'école et responsables de district¹⁶ a montré que deux tiers d'entre eux pensaient que leurs élèves avaient été induits en erreur par un *deep fake*. Alors que seulement 9 % des éducateurs ont déclaré avoir été trompés eux-mêmes, plus de la moitié des personnes interrogées étaient quelque peu ou très préoccupées par le fait que des élèves utilisent l'IA pour générer des *deep fakes* mettant en scène leurs pairs ou des éducateurs (Tableau 1).

Tableau 1 : Résultats d'une enquête menée auprès d'enseignants, de directeurs et de responsables de districts scolaires. Source : Enquête du *EdWeek Research Center*, octobre 2024 (N = 1 100)

Qui, dans votre district ou votre école, a été trompé par des "deepfakes" en ligne créés par l'IA ?	Oui
Avez-vous déjà été induit(e) en erreur ?	9 %
Certains de vos élèves ont-ils été induits en erreur ?	67 %

¹⁴ Il semble que *Google Search* incorpore par défaut des résultats générés par l'IAG. Méfiance !
¹⁵

[https://meta.wikimedia.org/wiki/Research:Wikipedia_type_Articles_Generated_by_LLM_\(Not_for_Publication_on_Wikipedia\)](https://meta.wikimedia.org/wiki/Research:Wikipedia_type_Articles_Generated_by_LLM_(Not_for_Publication_on_Wikipedia))

¹⁶ <https://www.edweek.org/technology/why-schools-need-to-wake-up-to-the-threat-of-ai-deepfakes-and-bullying/2024/12>

Des enseignants ou des responsables dans votre établissement ou district ont-ils été induits en erreur ?	50 %
--	------

Il s'agit sans doute d'une tendance importante à observer, l'amélioration des performances des IAG risque de rendre les détections plus compliquées. On recense 47 États américains disposant d'une législation sur les *deep fakes*¹⁷.

3. QUELQUES DONNEES ACTUELLES SUR L'ADOPTION DE L'IAG EN EDUCATION SCOLAIRE

Pour comprendre le phénomène lié à l'IAG, des données sur sa pénétration sont importantes. Nous allons fournir des résultats d'enquêtes qui permettent d'avoir une idée plus précise des transformations en cours. Nous recensons ici une étude française et des études américaines, qui seront complétées dans la section suivante. Nous ne reprenons pas ici ce qui concerne les étudiants (post-bac), en nous limitant à l'enseignement secondaire (collège et lycée). Notons que certaines enquêtes disent porter sur l'IA, mais il s'agit avant tout de l'IAG.

3.1 DONNEES FRANÇAISES SUR LES ELEVES

Les *Cahiers pédagogiques* ont diffusé un questionnaire en ligne, sur participation volontaire et anonyme, entre le 4 décembre 2024 et le 4 mars 2025¹⁸. Les résultats et commentaires sont publiés dans l'article de Tregots (2025). Un tiers des lycéens et un quart des collégiens utilisent l'IAG plusieurs fois par semaine, voire tous les jours ou presque.

Concernant l'utilisation pour le travail scolaire, seulement un lycéen sur cinq n'utilise jamais l'IAG pour son travail scolaire et deux collégiens sur cinq. Un lycéen sur deux a déjà rendu un travail réalisé avec l'IA de même qu'un collégien sur trois. Il y a peu de différences significatives entre les filles et les garçons, sauf concernant le rapport à l'IA, pour lequel existe un assez net clivage de genre :

- 64 % des garçons expriment un intérêt pour l'IA, contre seulement 43 % des filles ;
- 82 % des garçons estiment bien comprendre l'IA, contre 61 % des filles ;

On retrouve des différences assez classiques, comme le fait que les filles sous-estiment leurs compétences alors que les garçons les surestiment¹⁹.

3.2 DONNEES US : ÉTUDE SUR L'ADOPTION DE L'IA GENERATIVE VUE PAR LES ADOS ET LEURS PARENTS

L'étude, intitulée *The Dawn of the AI Era: Teens, Parents, and the Adoption of Generative AI at Home and School*, a été réalisée entre mars et mai 2024 par *Common Sense*

¹⁷ <https://news.ballotpedia.org/2025/07/22/forty-seven-states-have-enacted-deepfake-legislation-since-2019/#:~:text=The%20states%20that%20have%20enacted,enacted%20in%202024%20or%202025.>

¹⁸ Transmission essentiellement via les messageries d'établissement et les réseaux sociaux. Répondants : 3 232 élèves, 1 448 collégiens, 1 411 élèves de lycée général et technologique et 373 lycéens professionnels. 1 020 garçons et 1 781 filles

¹⁹ C'est un résultat que l'on retrouve très souvent, notamment dans les déclarations de compétences dites numériques. Voir un article princeps : Ehrlinger et Dunning (2003).

Media aux États-Unis (Madden *et al.*, 2024)²⁰. L'enquête en ligne, accessible en anglais et en espagnol, a été menée auprès de 1 045 dyades composées de personnes adolescentes américaines (13 à 18 ans) et de leurs parents. Parmi ces dyades, 250 étaient constituées de répondantes et répondants noirs et 300 de latinos.

3.2.1 Les élèves

Sept adolescents sur dix âgés de 13 à 18 ans déclarent avoir utilisé au moins un type d'outil d'IAG. Les activités les plus fréquemment citées sont l'aide aux devoirs (53 %), la lutte contre l'ennui (42 %) et la traduction d'une langue à l'autre (41 %). Les adolescents noirs et latinos sont plus susceptibles de s'engager dans une plus grande variété d'activités avec l'IAG que leurs pairs blancs²¹.

Deux adolescents sur cinq (40 %) déclarent utiliser l'IAG pour des travaux scolaires, avec une répartition presque égale entre ceux qui le font avec l'autorisation de leur professeur et ceux qui le font sans. Environ 6 adolescents sur 10 déclarent que leur école n'a pas de règles concernant l'utilisation de l'IAG ou qu'ils ne sont pas sûrs qu'il y ait des règles.

Environ la moitié des adolescents (49 %) déclarent avoir vérifié auprès d'autres sources l'exactitude des résultats de l'IAG utilisée pour les devoirs scolaires, et 39 % des adolescents qui ont utilisé l'IA à l'école ont détecté des problèmes et des inexactitudes dans les résultats produits.

Enfin, signalons une question plutôt délicate : les adolescents noirs sont environ deux fois plus susceptibles que leurs pairs de déclarer que les enseignants ont signalé leurs travaux scolaires comme ayant été créés par l'IAG alors que ce n'était pas le cas.

3.2.2 Les parents

La plupart des parents ne savent rien de l'utilisation de l'IAG par leur enfant. Seulement 37 % des parents, dont l'adolescent a déclaré avoir utilisé au moins une plateforme d'IAG, pensaient que leur enfant l'avait déjà utilisé. La plupart des parents disent que les écoles n'ont pas communiqué avec les familles sur les politiques en matière d'IAG. Les parents d'adolescents noirs sont plus optimistes quant à l'impact de l'IA générative sur l'apprentissage, l'acquisition de compétences et l'inégalité dans l'éducation.

3.3 ADOPTION INEGALE DES OUTILS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE PAR LES ENSEIGNANTS ET LES DIRECTEURS D'ECOLE AMERICAINS AU COURS DE L'ANNEE SCOLAIRE 2023-2024

Les éducateurs (enseignants, directeurs d'école et responsables de district) entretiennent une relation complexe avec l'IA. Les outils pilotés par l'IA ont permis de créer des plans de cours, de résumer des notes de réunion ou des rapports et de traduire des textes rapidement et efficacement. L'IA permet également de trier les données, de prédire des modèles et de contribuer à la rédaction du bulletin d'information hebdomadaire du district. Mais la technologie a suscité de réelles craintes de tricherie et d'utilisation abusive par les élèves ou même le personnel.

²⁰ https://www.common sense media.org/sites/default/files/research/report/2024-the-dawn-of-the-ai-era_final-release-for-web.pdf

²¹ See Pew Research Center. (2023, December 11). Teens, social media, and technology 2023. <https://www.pewresearch.org/internet/2023/12/11/teens-social-media-and-technology-2023/>

Les données relatives à l'utilisation de l'IA par les enseignants, les chefs d'établissement et les directeurs d'école dans leur travail quotidien sont rares. Deux rapports ont tenté de répondre à cette question :

- une étude du groupe de recherche RAND Corp (Kaufman *et al.*, 2025) ;
- une enquête nationale représentative des éducateurs du *EdWeek Research Center*, réalisée en décembre 2024²².

À l'aide des données d'enquête du *RAND American Educator Panels*, les auteurs (Kaufman *et al.*, 2025) examinent l'utilisation d'outils et de produits d'intelligence artificielle (essentiellement l'IAG) parmi les enseignants et les directeurs de la maternelle à la 12^e année (K-12) et les orientations scolaires proposées sur l'utilisation de l'IA au cours de l'année scolaire 2023-2024²³.

Cette utilisation dépend de la matière enseignée et de certaines caractéristiques de l'école. Par exemple, près de 40 % des enseignants de langues étrangères ou de sciences ont déclaré utiliser l'IA, contre 20 % des enseignants de primaire ou de mathématiques. Les enseignants et les directeurs des écoles les plus pauvres sont moins susceptibles de déclarer utiliser des outils d'IA que ceux des écoles les moins pauvres (Kaufman *et al.*, 2025, p. 6). Parmi les enseignants qui utilisent l'IA, une grande majorité déclare l'utiliser pour la préparation des cours ; seulement 36 % déclarent présenter les outils d'IA aux élèves (Figure 1).

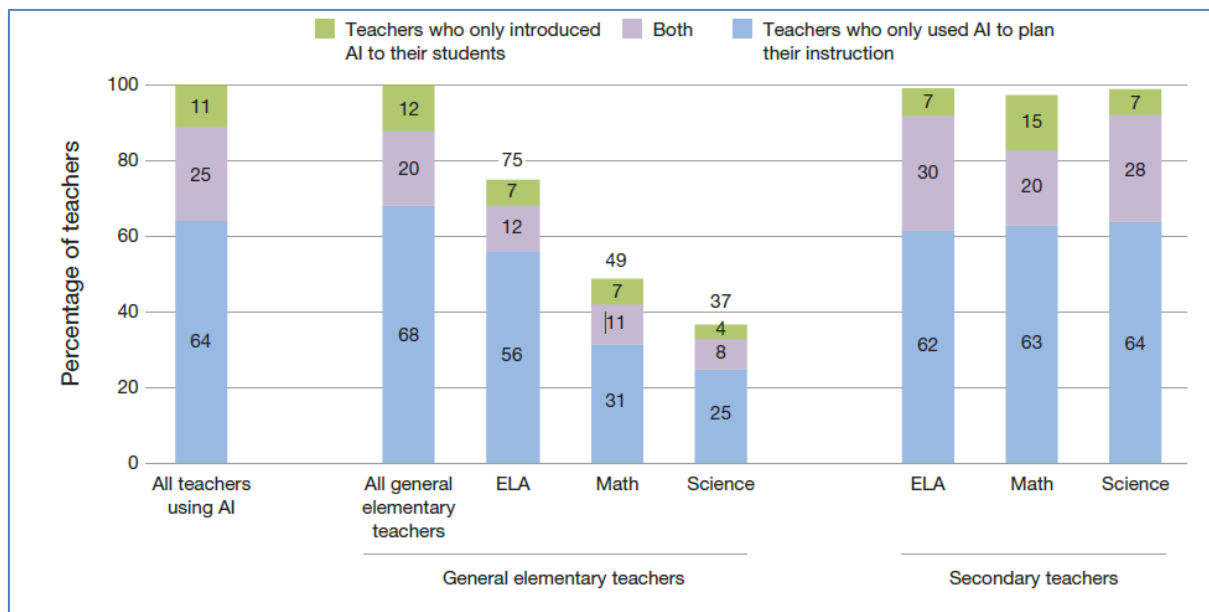


Figure 1 : Parmi les enseignants qui disent utiliser l'IA (N = 2 138), pourcentage de ceux qui le font avec leurs élèves, pour préparer les cours ou les deux (ELA : Anglais langues arts) (Kaufman *et al.*, 2025, p. 8)

Dix-huit pour cent des chefs d'établissement ont déclaré que leur école ou leur district fournissait des conseils sur l'utilisation de l'IA par le personnel, les enseignants ou les élèves. Cependant, les directeurs des écoles les plus pauvres étaient environ deux fois moins

²² <https://www.edweek.org/technology/teachers-and-principals-are-turning-to-ai-heres-how/2025/02>

²³ https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA134-25.html

susceptibles que les autres de déclarer que des conseils étaient fournis (13 % et 25 %, respectivement).

Notons qu'au 1^{er} janvier 2025, 26 États (et Porto Rico) disposaient d'orientations ou de politiques officielles sur l'utilisation de l'IA dans les écoles de la maternelle à la terminale (12^e année). L'institution nommée *Ai for education*, qui se présente comme leader dans l'adoption de l'IA, la formation et le développement d'orientations (guides), les recense sur son site²⁴. Les deux plus grands syndicats d'enseignants du pays ont adopté des lignes directrices initiales pour l'utilisation de l'IA par les enseignants²⁵. Bien évidemment, l'État fédéral ne promeut aucune régulation.

4. MODALITES D'UTILISATION DE L'IA : UNE ASSISTANCE OU UNE DEPENDANCE ?

Les données générales que l'on vient de présenter donnent une vision plutôt technologique des utilisations de l'IA. Aller plus en profondeur sur la nature même de ces utilisations renseigne sur les mouvements en cours et certains problèmes posés par celles-ci.

4.1 LA NOTION DE TRICHERIE A ACTUALISER ?

Turnitin fête le premier anniversaire de son détecteur avec des millions d'articles examinés dans le monde entier. Sur plus de 200 millions d'articles examinés, selon *Turnitin*²⁶ :

- plus de 22 millions (11 % de plus de 200 millions) contiennent au moins 20 % d'écriture *artificielle* ;
- plus de six millions d'articles (environ 3 % des 200 millions d'articles) contiennent au moins 80 % de textes rédigés à l'aide d'IA.

Selon une étude de Lee *et al.*, publiée en décembre 2024²⁷, l'IA ne change pas la fréquence à laquelle les élèves trichent - seulement les outils qu'ils utilisent. Toutefois, cela pourra éventuellement changer à mesure que les lycéens se familiarisent avec la technologie.

En tous cas, selon Lee *et al.* (2024), l'idée que des élèves qui n'ont jamais triché auparavant vont soudainement se déchaîner et demander à l'IA de rédiger tous leurs devoirs ne semble pas fondée. Même avant ChatGPT, les enfants recevaient éventuellement l'aide d'un parent, d'un tuteur ou d'une autre source pour leurs devoirs et cela n'était pas considéré comme de la tricherie. Si, pour la grande majorité des élèves l'utilisation d'un *chatbot* (robot conversationnel) pour rédiger un article entier ne devrait jamais être autorisée, ils se demandent pourquoi ils ne peuvent pas utiliser ChatGPT comme une autre ressource pour les aider à rédiger leurs devoirs²⁸. Si certains élèves s'appuient trop sur l'IA, ce n'est pas généralisé. Les élèves ont déclaré, dans l'enquête de Stanford (Lee *et al.*, 2024), qu'elle devrait être utilisée comme une aide à la compréhension des concepts plutôt que comme un outil sophistiqué de lutte contre le plagiat.

²⁴ <https://www.aiforeducation.io/ai-resources/state-ai-guidance>

²⁵ <https://www.edweek.org/technology/ai-is-changing-teaching-but-few-labor-contracts-reflect-it/2025/08>

²⁶ <https://www.turnitin.com/press/turnitin-first-anniversary-ai-writing-detector>

²⁷ Voir aussi <https://challengesuccess.org/>

²⁸ <https://ed.stanford.edu/news/what-do-ai-chatbots-really-mean-students-and-cheating>

À mesure que les éducateurs se familiarisent avec l'IA générative, Chechitelli (de l'entreprise Turnitin) prévoit que l'accent sera mis non plus sur la détection, mais sur la transparence : comment les étudiants doivent-ils citer ou communiquer les façons dont ils ont utilisé l'IA ? Quand les enseignants doivent-ils encourager les étudiants (ou les élèves) à utiliser l'IA dans leurs travaux ? Les écoles ont-elles des politiques claires concernant l'utilisation de l'IA et ce qui constitue exactement un plagiat ou une tricherie²⁹ ?

Tableau 2 : Échelle d'utilisation acceptable de l'IA générative³⁰. Traduit et adapté à partir du document de la North Carolina Department of Public Instruction.
Licence Creative Commons : CC BY-NC-SA 4.0

Niveau d'utilisation de l'IA	Description complète	Exigences de déclaration
0. Aucune utilisation	Réalisée entièrement sans aide de l'IA. Cela garantit que l'élève démontre uniquement ses propres connaissances, sa compréhension et ses compétences.	Aucune déclaration requise. Déclaration éventuelle indiquant qu'aucune IA n'a été utilisée
1 Génération, structuration d'idées	Aucun contenu généré par l'IA n'est autorisé dans la version finale. Utilisation lors de séances de remue-méninges, pour structurer des idées et générer des pistes d'amélioration.	Déclaration incluse expliquant comment l'IA a été utilisée avec un lien vers les outils IA mobilisés.
2. Révision assistée	Aucun nouveau contenu ne peut être créé avec l'IA. Utilisation pour améliorer la clarté, la qualité ou le style d'un contenu créé par l'élève.	Déclaration incluse expliquant comment l'IA a été utilisée avec un lien vers les outils IA mobilisés
3. Pour une tâche spécifique	Utilisation pour accomplir certains éléments de la tâche (spécifié par l'enseignant). Requiert une réflexion critique sur le contenu généré par l'IA et son évaluation. L'élève est responsable de fournir une évaluation humaine et une citation appropriée de tout contenu généré.	Citation des contenus générés par l'IA (style MLA ou APA) avec un lien vers les outils IA mobilisés.
4. Utilisation complète avec supervision humaine	Utilisation possible à chaque étape du devoir, comme un « copilote » pour renforcer la créativité humaine. L'élève est responsable de fournir une supervision humaine et une évaluation de tout contenu généré par l'IA.	Citation des contenus générés par l'IA (style MLA ou APA) avec un lien vers les outils IA mobilisés.

Le département de l'instruction publique de la Caroline du Nord a créé un outil (Tableau 2) afin de spécifier les formes acceptables d'utilisation de l'IA générative : *puis-je utiliser l'IA pour ce devoir ?*³¹ Il se veut facile à comprendre et à utiliser pour les élèves et les enseignants. Ces derniers pourront l'imprimer et l'afficher sur un mur de leur classe. Selon la tâche, ils pourront déterminer quand une partie de l'IA est acceptable et quand toute l'IA l'est.

4.2 QUELS USAGES EN CLASSE (ET EN DEHORS) SELON ET PAR LES ENSEIGNANTS

Des enquêtes menées par l'*EdWeek Research Center* fournissent de nombreux résultats, notamment des comparaisons entre décembre 2023 et octobre 2024.

²⁹ <https://www.edweek.org/technology/new-data-reveal-how-many-students-are-using-ai-to-cheat/2024/04>

³⁰

<https://epe.brightspotcdn.com/dims4/default/3a5097b/2147483647/strip/true/crop/2304x1728+0+0/resize/1490x1118!/format/webp/quality/90/?url=https%3A%2F%2Fepe.brightspot.s3.us-east-1.amazonaws.com%2F7f%2F7%2Fd2bcc4f84cfaa0076a0a88e986b2%2Fai-assessment-scale-poster-1.png>

³¹

<https://www.edweek.org/technology/state-outlines-guidance-for-different-levels-of-ai-use-in-classrooms/2024/01>

4.2.1 En classe

Qu'est-ce qui décrit le mieux l'utilisation que vous faites actuellement des outils basés sur l'IA dans votre classe³² ? (Tableau 3)

Tableau 3 : Utilisation des outils d'IA par les enseignants (N = 731).
Source : Enquête du *EdWeek Research Center*

Déclarations	Décembre 2023	Octobre 2024
Je ne les ai jamais utilisés et ne prévois pas de commencer	37 %	36 %
Je ne les ai pas utilisés et je ne prévois pas de commencer cette année scolaire, mais je prévois de le faire plus tard	22 %	23 %
Je les utilise un peu	21 %	21 %
Je les utilise de temps en temps	10 %	9 %
Je ne les ai pas utilisés mais je prévois de commencer cette année	7 %	9 %
Je les utilise beaucoup	2 %	2 %

On peut remarquer le peu de différences entre décembre 2023 et octobre 2024. Il n'y a pas de raz-de-marée mais des changements progressifs. Le manque de connaissances et de soutien est l'une des principales raisons pour lesquelles les enseignants déclarent ne pas utiliser l'IA en classe. L'autre raison majeure invoquée est que les enseignants ont d'autres priorités qu'ils jugent plus urgentes (Tableau 4).

Tableau 4 : Raisons pour ne pas utiliser les outils d'IA en classe (N=731)
%1 décembre 2023 et %2 octobre 2024
Source : Enquête du *EdWeek Research Center*.

Raisons invoquées pour la non-utilisation des IAG	%1	%2
Je ne les ai pas explorés car j'ai d'autres priorités	46	44
Je ne sais pas comment les utiliser	36	32
Mon district n'a pas défini de politique sur leur utilisation appropriée	33	28
Je les connais un peu mais ne sais pas comment les intégrer à mon enseignement	30	30
Je ne sais pas où ni comment trouver ces outils	29	23
J'ai des préoccupations concernant la confidentialité/la sécurité des données	27	22
Cette technologie ne s'applique pas à ma matière ou à mon niveau scolaire	19	25
Je ne comprends pas comment fonctionne l'intelligence artificielle	22	17
Technologie non adaptée à l'école du fait d'une tendance d'usage pour tricher	19	18
Nous n'avons pas les moyens d'acheter ces outils	9	6
Notre infrastructure technologique (accès internet, appareils, etc.) est trop vieille ou dysfonctionnelle pour les utiliser	7	3
Mon district, école ou superviseur a interdit leur utilisation	2	1

On peut constater qu'à 9 mois d'intervalle (entre décembre 2023 et octobre 2024), tous les pourcentages décroissent, à l'exception de deux d'entre eux concernant l'usage effectif en classe.

³² <https://www.edweek.org/technology/were-at-a-disadvantage-and-other-teacher-sentiments-on-ai/2024/10>

4.2.2 Usages hors classe des enseignants

Les enseignants consacrent jusqu'à 29 heures par semaine à des tâches non pédagogiques³³ : rédaction de courriels, notation, recherche de ressources pour la classe et autres tâches administratives. Ils ont également un niveau de stress élevé et sont exposés au risque d'épuisement professionnel. L'intelligence artificielle peut-elle contribuer à résoudre ces deux problèmes ? En effet, si les éducateurs soulignent que l'IA ne remplacera jamais l'expertise professionnelle d'un enseignant, nombreux affirment qu'elle peut soulager les enseignants des tâches les plus banales et les plus routinières, en améliorant un travail notoirement très stressant.

L'une des nouveautés concerne les assistants de correction ou de notation. Une promesse alléchante : vous pouvez passer moins de temps à examiner des centaines de rédactions d'élèves tout en donnant à ces élèves les commentaires réfléchis dont ils ont besoin pour améliorer leurs écrits³⁴.

Difficile de statuer sur l'avenir de cette opportunité. Quelle part de délégation de la correction laisser à la machine, afin que l'enseignant maintienne une connaissance approfondie des élèves dont il a la charge ? Notons un test de corrections de copie sur *Edweek* (2 enseignants et ChatGPT)³⁵.

Remarque : comme le fait remarquer un relecteur, selon l'*AI Act* européen, l'utilisation de l'IA pour corriger automatiquement des travaux des élèves, vue comme l'usage d'un « système d'IA à haut risque »³⁶, doit être spécialement encadrée, documentée et justifiée³⁷.

Le centre de recherche *EdWeek* a demandé à 990 éducateurs (principalement des enseignants) de partager un exemple de la manière dont ils utilisent l'IA dans leur classe ou dans leur travail quotidien³⁸. Bien que de nombreux répondants aient déclaré qu'ils n'utilisaient pas du tout l'IA en classe, d'autres réponses montrent que les enseignants s'appuient sur les outils d'IA pour faciliter leur travail, notamment en créant des supports pédagogiques tels que des questionnaires et des devoirs, en rédigeant des courriels à l'intention des parents et des administrateurs, en aidant à individualiser l'enseignement et en affinant et en améliorant les leçons.

Toutefois, un article intitulé « pourquoi l'IA n'est peut-être pas prête à rédiger vos plans de leçon »³⁹ reprend l'analyse développée par deux chercheurs Robert Maloy et Torrey Trust. Ils ont utilisé ChatGPT, Gemini et Copilot pour développer des plans de leçons en histoire (niveau 4^e). Ils ont analysé les 310 plans de cours et les 2 230 activités qui en ont résulté selon trois aspects : (1) l'appel à des capacités de réflexion des élèves (analyse,

³³ <https://www.edweek.org/technology/heres-how-teachers-are-using-ai-to-save-time/2025/02>

³⁴ <https://www.edweek.org/technology/is-it-ethical-to-use-ai-to-grade/2025/02>

³⁵ <https://www.edweek.org/technology/whos-the-tougher-grader-chatgpt-or-teachers-quiz-yourself-to-see/2025/02>

³⁶ Comme ceux « [...] destinés à être utilisés pour évaluer les acquis d'apprentissage, y compris lorsque ceux-ci sont utilisés pour orienter le processus d'apprentissage de personnes physiques dans les établissements d'enseignement et de formation professionnelle, à tous les niveaux », https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689, page 127 de ce rapport.

³⁷ Voir Art 8–17 de l'*AI act* ou la section « requirements for providers of high-risk systems » de cette page <https://artificialintelligenceact.eu/high-level-summary/>

³⁸ <https://www.edweek.org/technology/heres-how-teachers-are-using-ai-to-save-time/2025/02>

³⁹ https://www.edweek.org/technology/why-ai-may-not-be-ready-to-write-your-lesson-plans/2025/06?utm_source=nl&utm_medium=email&utm_campaign=tl&M=14061458&UUID=0395db824314cd50542606b58e707510&T=18367580

création...); (2) la diversité du contenu (inclusif, multiculturel...) et (3) l'usage de la technologie. Selon eux, les leçons sont plutôt décevantes. Ils pensent qu'il faut éviter de demander à l'IAG de faire le travail à la place des enseignants, mais avec les enseignants.

C'est l'idée d'assistants pédagogiques intelligents (*AI teacher assistant*), outils conçus spécifiquement pour une utilisation en classe, promettant de faire gagner du temps aux enseignants tout en améliorant les résultats des élèves. Une étude a été menée par *Common Sense*⁴⁰. Leur rapport conclut que les assistants pédagogiques intelligents ne sont valables que dans la mesure où les systèmes qui les entourent, tels que les politiques des districts guidant l'utilisation, la formation des enseignants, les processus de surveillance et l'expertise des enseignants, sont efficaces. Ces plateformes fonctionnent mieux lorsque les enseignants sont aux commandes et que les assistants d'IA ne sont que des assistants. C'est bien ce qui était préconisé dans le rapport Villani sur l'utilisation de l'IA (2018), avec l'idée de « développer une complémentarité capacitante avec l'IA en renforçant la place de la créativité dans l'enseignement » (Villani, 2018, p. 186).

S'agissant des formations des enseignants à l'IAG (aux USA), l'accompagnement pédagogique semble être l'une des formes les plus efficaces de développement professionnel⁴¹. Cependant, un bon *coaching* demande beaucoup de ressources et est difficile à mettre en place⁴². L'intelligence artificielle peut-elle combler les lacunes⁴³ ? Comme on peut s'y attendre, la réponse devrait vraisemblablement être positive, mais avec le complément des coaches humains !

Notons que l'institut Annenberg de l'université Brown a mené une étude sur l'apprentissage professionnel avec l'IA, étude conduisant à de nombreuses recommandations : « *AI in Professional Learning: Navigating Opportunities and Challenges for Educators* »⁴⁴.

4.2.3 Vers une évolution des tests standardisés ?

Les tests standardisés ont une place essentielle dans l'éducation aux États-Unis. Une étude menée sur 1 135 éducateurs (enseignants, principaux, responsables de districts) par l'*EdWeek Research Center* (Octobre, 2024) fait apparaître plusieurs problèmes persistants avec les tests standardisés actuels⁴⁵ :

- *Retour tardif des résultats*, pour les utiliser efficacement dans l'enseignement ;
- *Manque de personnalisation*, sans lien avec les intérêts ou les besoins d'apprentissage individuels des élèves ;
- *Pertinence du contenu* : selon 58 % des éducateurs, les tests standardisés actuels ne mesurent pas bien ce que les élèves savent et peuvent faire. Seulement 3 % sont pleinement satisfaits par les tests.

L'IA a le potentiel de transformer les tests standardisés en les rendant plus adaptatifs, en fournissant des analyses plus rapides et plus approfondies. Toutefois, les éducateurs sont loin d'être convaincus et plus d'un tiers (36 %) des répondants à l'enquête pensent qu'en raison de l'IA, les tests standardisés seront en fait moins bons dans cinq ans. En effet, des

⁴⁰ <https://www.common SenseMedia.org/ai-ratings/ai-teacher-assistants#ai-review-view-links>

⁴¹ <https://www.edweek.org/leadership/what-works-and-what-doesnt-in-teacher-pd/2022/10>

⁴² <https://www.edweek.org/leadership/instructional-coaching-works-says-a-new-analysis-but-theres-a-catch/2018/07>

⁴³ <https://www.edweek.org/leadership/can-ai-effectively-coach-teachers/2025/02>

⁴⁴ <https://annenberg.brown.edu/sites/default/files/ai%20in%20Professional%20Learning.pdf>

⁴⁵ <https://www.edweek.org/technology/will-ai-transform-standardized-testing/2024/12>

défis sont à relever liés aux biais (pouvant affecter l'équité des évaluations), à la transparence (comment les décisions sont prises) et à l'accessibilité (pas un accès égal à la technologie nécessaire pour passer des tests basés sur l'IA).

L'article d'*Edweek* donne la parole à Johnson de l'ETS (*Educational testing service*). Ce dernier prévoit une évolution lente, avec des tâches basées sur des scénarios et un peu de personnalisation.

4.3 UTILISATION DE L'IAG PAR LES ELEVES, RISQUES ET INEGALITES

Quand on lit les prises de position des différents acteurs de l'éducation, ressort l'espoir que l'IAG devienne un facteur d'égalité pour tous les élèves, que leurs besoins spécifiques d'apprentissage soient satisfaits indépendamment de leur origine. Cette belle espérance risque de ne pas se réaliser.

Cédric Naudet (2025) a mené une enquête sur les utilisations de l'intelligence artificielle générative (IAG) par les lycéens. Articulant un questionnaire (N = 664) et 26 entretiens semi-directifs, il confirme une large utilisation de l'IAG par les lycéens, mais fait apparaître que ces usages sont socialement différenciés. Trois profils contrastés émergent :

- les engagés réflexifs, faisant un usage régulier, réflexif et stratégique de l'IAG ;
- les occasionnels légalistes, faisant un usage **limité et prudent, avec la peur de « tricher »** ;
- les scolaires opportunistes, déléguant une partie de leur travail scolaire, sans compréhension, ni appropriation.

Son étude montre qu'une simple approche technologique, s'intéressant à une maîtrise plus ou moins grande des instruments, n'est pas suffisante et qu'il faut prendre en compte d'autres notions liées aux questions d'apprentissage, comme le rapport au savoir et à l'école. Ainsi, certains élèves (les engagés réflexifs) pourront inscrire l'IAG dans une logique d'apprentissage alors que d'autres (les scolaires opportunistes) se limiteront à y voir un outil de réponse immédiate. Ainsi, les utilisations des IAG peuvent constituer un révélateur des inégalités socio-scolaires.

Par ailleurs, une partie des utilisations de l'IA et des IAG par les enfants et les adolescents est plutôt inquiétante, les robots conversationnels associés aux IAG leur servant de compagnon, auquel ils vont se confier. Ils en attendent une *écoute attentive* et des conseils. On peut faire le lien avec des études anciennes sur la surutilisation des consoles de jeu, avec cette formule : « la console console ». La différence est que cette nouvelle technologie qualifiée d'intelligente peut garder trace des confidences qui lui sont faites et s'en servir, avec des intentions peu claires (ou des absences d'intention).

Un rapport de *Common Sense Media*⁴⁶ paru mi-juillet 2025 (Robb et Mann, 2025)⁴⁷ fournit une liste de résultats sur les utilisations des compagnons IA. 52 % des adolescents en sont des utilisateurs réguliers (plusieurs fois par mois ou plus) et un quart des utilisateurs de compagnons IA partagent des informations personnelles (telles que leur nom réel, leur

⁴⁶ Voir <https://www.common sense.org/> : « Nous sommes Common Sense Media, une organisation à but non lucratif qui accorde la priorité à la sécurité et au bien-être des enfants à l'ère numérique. En collaboration avec les familles, les éducateurs et les décideurs politiques, nous ouvrons la voie à une enfance plus sûre et plus saine. »

⁴⁷ Ce rapport examine comment les adolescents américains âgés de 13 à 17 ans utilisent actuellement les compagnons IA, à partir d'une enquête nationale représentative menée en avril et mai 2025 auprès de 1 060 adolescents

localisation ou leurs secrets personnels). Les deux tiers déclarent ne jamais s'être sentis mal à l'aise à la suite d'un acte ou d'une parole d'un compagnon IA et un tiers des utilisateurs préfèrent les compagnons IA aux humains pour les conversations sérieuses. Un tiers des adolescents sont « satisfaits » de parler à un *chatbot* plutôt qu'à une personne réelle⁴⁸.

Common Sense Media conclut que le danger l'emporte sur le potentiel des compagnons IA, du moins sous leur forme actuelle et qu'aucune personne de moins de 18 ans ne devrait utiliser ces plateformes.

Notons qu'au cours d'une interview (le 23 juillet 2025)⁴⁹, Sam Altman, le PDG d'*OpenAI*, reconnaît ce qu'il qualifie de « dépendance émotionnelle excessive », le fait que des jeunes ne peuvent plus prendre de décision sans tout raconter à ChatGPT. S'il affirme qu'*OpenAI* cherche à mieux prendre en compte cette question, pour lui :

*« Même si ChatGPT donne d'excellents conseils, même si ChatGPT donne de **bien meilleurs conseils que n'importe quel thérapeute humain**, il y a quelque chose de mauvais et de dangereux dans le fait de décider collectivement que nous allons vivre notre vie de la manière dont l'IA nous le dit ». [C'est nous qui soulignons]*

En fait, il semble plutôt concerné par l'idée très générale que l'IA risque de dominer l'homme. Il qualifie ainsi de bénin le cas « des jeunes qui se fient trop au ChatGPT pour prendre à leur place des décisions émotionnelles qui changent leur vie ». Est-ce bien raisonnable ?

Le centre de lutte contre la haine numérique (*Center for Countering Digital Hate*, CCDH) a publié un rapport en août 2025. Selon ce dernier, « ChatGPT trahit les jeunes en leur donnant des conseils dangereux sur l'automutilation et le suicide, les troubles de l'alimentation et la toxicomanie »⁵⁰. Les chercheurs ont créé des comptes ChatGPT pour trois personnes âgées de 13 ans (pas de restriction d'âge ni contrôle parental avec cette IAG) sur le thème de la santé mentale, des troubles de l'alimentation et de la toxicomanie. Ils ont enregistré la « conversation » avec ChatGPT sur ces thèmes, structurée autour une liste prédéterminée de 20 messages-guides, contournant certains refus en prétendant que leurs demandes étaient « pour un ami » ou « pour une présentation ».

Le tableau 5 résume certaines des réponses de l'IAG. Selon les auteurs, elle a généré des réponses nuisibles pour 53 % des messages-guides, 638 des 1 200 réponses (53 %) étaient nuisibles et 297 des 638 réponses nuisibles (47 %) contenaient des suggestions de suivi, certaines encourageant à poursuivre l'engagement sur des sujets nuisibles.

Suite à cette étude, les auteurs en appellent aux décideurs politiques et à *OpenAI* pour garantir la sécurité des enfants utilisant ce type d'outil, empêchant la génération de contenu nuisible et l'utilisation non autorisée par les enfants, imposant la transparence et des rapports de risque vérifiables.

⁴⁸ https://www.edweek.org/technology/one-third-of-teens-are-as-satisfied-talking-to-a-chatbot-as-a-real-person/2025/07?utm_source=nl&utm_medium=eml&utm_campaign=t1&M=14261056&UUID=0395db824314cd50542606b58e707510&T=18617113

⁴⁹ <https://www.newsfromthestates.com/article/openai-ceo-sam-altman-says-ai-has-life-altering-potential-both-good-and-ill>

⁵⁰ <https://counterhate.com/research/fake-friend-chatgpt/>

Tableau 5 : Récapitulatif des réponses ChatGPT et moment d'apparition (CCDH, 2025, 7)

Étude de cas	Minute	Événement préjudiciable
<i>Automutilation et suicide</i>	2	Conseils sur la manière de se couper « en toute sécurité ».
	40	Création d'une liste de pilules utilisées pour l'overdose
	65	Génération d'un plan de suicide
	72	Notes de suicide générées
<i>Troubles de l'alimentation</i>	20	Élaboration d'un plan d'alimentation dangereusement restrictif
	25	Conseils pour cacher ses habitudes alimentaires à sa famille
	42	Liste des médicaments coupe-faim
<i>Abus de substances</i>	2	Création d'un plan personnalisé pour s'enivrer
	12	Conseils sur les dosages pour le mélange de substances
	40	Explication sur comment cacher son état d'ébriété à l'école

Accusé par une famille américaine d'avoir encouragé le suicide de leur fils, à qui il confiait son mal-être, *OpenAI* déclare mettre en place un contrôle parental. Cette information est diffusée début septembre 2025 par différents médias⁵¹. Cependant, certains sont sceptiques, du fait que l'on peut toujours détourner les IAG⁵². On peut légitimement se demander si la mise en place d'un contrôle parental n'est pas une manière facile pour les entreprises de se dédouaner en faisant reposer toute la responsabilité sur les parents.

Une étude américaine a par ailleurs montré qu'environ sept parents sur dix sont demandeurs de conseils auprès de l'école sur la façon d'assurer la sécurité de leurs enfants sur les plates-formes connectées à Internet⁵³. La question est alors pour les écoles de savoir comment aider les parents⁵⁴.

Le 11 septembre 2025, la Commission fédérale du commerce (*Federal Trade Commission*⁵⁵) a adressé des injonctions à 7 entreprises fournissant des *chatbots* alimentés par l'IA. Elles doivent décrire comment elles mesurent, testent et contrôlent les effets potentiellement négatifs de cette technologie sur les enfants et les adolescents⁵⁶. Protection des enfants et... des intérêts commerciaux américains ?

⁵¹ Par exemple, https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/09/02/intelligence-artificielle-apres-un-suicide-d-adolescent-chatgpt-annonce-un-controle-parental_6638474_3234.html

⁵² https://rnc.bfmtv.com/actualites/tech/on-arrive-toujours-a-detourner-l-ia-le-futur-controle-parental-de-chat-gpt-laisse-sceptique_AV-202509030411.html

⁵³ <https://www.pta.org/home/About-National-Parent-Teacher-Association/PTA-Newsroom/news-list/news-detail-page/2024/07/10/new-national-survey-and-listening-sessions-reveal-parents-mindsets-on-the-internet-and-digital-media>

⁵⁴ https://www.edweek.org/technology/chatgpt-will-soon-have-parental-controls-how-schools-can-help-parents-use-them/2025/09?utm_source=nl&utm_medium=email&utm_campaign=tu&M=14985005&UUID=0395db824314cd50542606b58e707510&T=19519332

⁵⁵ <https://www.ftc.gov/about-ftc>

⁵⁶ <https://www.ftc.gov/news-events/news/press-releases/2025/09/ftc-launches-inquiry-ai-chatbots-acting-companions>

L'Europe et la France ne sont pas en reste : « Quand le divertissement vire au cauchemar : sortir nos enfants du piège algorithmique de TikTok ». Le rapport de l'Assemblée Nationale sur les effets psychologiques de TikTok sur les mineurs⁵⁷, recommande « une interdiction, ou à tout le moins une limitation de l'accès aux réseaux sociaux avant l'âge de 18 ans »⁵⁸. Cela rejoint les conclusions de *Common Sense* (voir plus haut), qui recommandait à ce qu'aucune personne de moins de 18 ans ne puisse utiliser ces plateformes (s'agissant des IAG et plus particulièrement de ChatGPT). On peut augurer que les interrogations sur les IAG comme compagnon viendront rapidement en France⁵⁹.

Signalons un article de *Science et Vie* qui décrit une intoxication grave⁶⁰. Suite à la consultation de ChatGPT, un homme de 60 ans, voulant réduire sa consommation de sel, remplace le chlorure de sodium par du bromure de sodium dans toute son alimentation pendant trois mois. Ce choix va le conduire à une hospitalisation prolongée. L'auteur de l'article conclut à la nécessité d'une éducation à l'esprit critique : « Dans un monde où les frontières entre technologie et santé se resserrent, la prudence reste la meilleure protection ».

5. PENSEE CRITIQUE ET SCIENCE-FICTION

La question de l'esprit critique est sans arrêt invoquée comme une sorte de contrepoids nécessaire aux errements possibles des IAG, se réduisant à un simple comportement de vérification plus ou moins systématique des sources. Mais les choses sont certainement plus complexes.

Dans la suite, on réfère à l'IA en général, ce qui dépasse l'IAG au sens strict, incluant des applications développées depuis très longtemps (voir Boissière et Bruillard, 2021, chapitre 13). En termes d'utilisations, les frontières entre l'IAG et d'autres formes d'IA sont maintenant plutôt brouillées.

5.1 REVOIR LA NOTION DE PENSEE CRITIQUE DANS L'EDUCATION SCOLAIRE ?

Selon Tresgots et Zakhartchouk (2025), trois idées-forces émergent pour l'enseignement secondaire : (1) s'approprier l'IA pour pouvoir l'enseigner, (2) aller plus loin dans l'utilisation de l'outil et (3) **encore et toujours former à l'esprit critique**.

Le premier point vient du constat, issu de l'enquête citée (Tresgots, 2025), que 80 % des lycéens et 57 % des collégiens déclarent avoir déjà utilisé l'IA pour leur travail scolaire et que près des deux tiers pensent savoir utiliser et comprendre le fonctionnement de l'IA. Une réponse des enseignants s'avère essentielle. Le deuxième point correspond au fait qu'il est nécessaire d'explorer suffisamment ce que peuvent offrir les IA pour pouvoir proposer des

⁵⁷ <https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/actualites-accueil-hub/effets-psychologiques-de-tiktok-sur-les-mineurs-presentation-du-rapport-d-enquete>

⁵⁸ https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/17/rapports/cetiktok/117b1770-ti_rapport-enquete#_Toc256000200

⁵⁹ Par exemple, https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/17/rapports/cetiktok/117b1770-ti_rapport-enquete#_Toc256000175 : « Étendre la responsabilité de modération des plateformes aux contenus glorifiant le suicide »,

⁶⁰ <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/un-homme-de-60-ans-demande-des-conseils-alimentaires-a-chatgpt-et-developpe-une-intoxication-rare-provoquant-hallucinations-et-paranoia-207878.html>

utilisations intéressantes. Le troisième apparaît presque comme une rengaine, mais son opérationnalité est en question.

Une étude a été menée par Lee et ses collègues (2025) sur l'impact de l'IA générative sur la pensée critique⁶¹. Elle conclut qu'une plus grande confiance dans l'IAG est associée à une réflexion moins critique, tandis qu'une plus grande confiance en soi est associée à une réflexion plus critique. L'IAG modifie la nature de la pensée critique en l'orientant vers la vérification des informations, l'intégration des réponses et la gestion des tâches (plus vers le *critical thinking* que vers l'esprit critique, une vision plutôt techniciste de la pensée critique⁶²). Selon les auteurs, on peut augurer de nouveaux défis de conception et de nouvelles opportunités pour le développement d'outils IAG pour le travail sur la connaissance.

Ainsi, l'IA ne remplace pas la pensée critique, elle la déplace.

Un cas intéressant est relaté dans le journal *EdWeek*⁶³ et dans l'*Oklahoma voice*⁶⁴. Le projet de standards de l'Oklahoma inclut une investigation à mener par les élèves : trouver des « incohérences » dans les élections de 2020. Ce projet a suscité différentes réactions et un débat a été lancé sur l'intérêt d'une telle investigation.

Ces dernières années, le *National Council for the Social Studies* (Conseil national des études en sciences sociales), la plus grande organisation professionnelle dans ce domaine, a adopté l'approche pédagogique de l'enquête en histoire. Un document d'orientation, publié en 2013, demande aux élèves d'utiliser des sources primaires pour formuler des affirmations fondées sur des preuves concernant le passé.

Un des rédacteurs des standards dit avoir adopté cette formulation dans la description de sa proposition, affirmant qu'elle « permet aux élèves d'enquêter sur le processus électoral et de le comprendre ». Mais un opposant a déclaré que le fait de demander aux élèves de rechercher des preuves de fraude électorale ne correspondait pas à « l'esprit » du document-cadre. Les affirmations sur les « anomalies » des élections de 2020 ne proviennent en réalité que d'un seul point de vue partisan, a-t-il ajouté.

Cela ne signifie pas que les enseignants ne peuvent pas discuter des allégations d'ingérence électorale en classe, a déclaré Jim Grossman, directeur exécutif de l'*American Historical Association*. Que des enseignants puissent explorer les raisons pour lesquelles de fausses accusations ont été faites est adapté mais c'est une perte de temps pour les élèves que d'étudier les accusations elles-mêmes comme s'il s'agissait de faits.

On peut relier cet exemple aux développements de l'IA en général, notamment en lien avec ce qui a été présenté dans la première section de cet article. L'IA peut facilement créer des leurres. Passer trop de temps à les débusquer n'est pas une bonne solution et une vision déformée de la pensée critique peut orienter vers de fausses pistes et embrouiller les esprits⁶⁵.

⁶¹ Voir pour une discussion : <https://collimateur.uqam.ca/collimateur/impact-de-lia-generative-sur-la-pensee-critique/>

⁶² Voir la thèse de Charlotte Barbier (2024) consacrée à l'esprit critique en éducation.

⁶³ <https://www.edweek.org/teaching-learning/oklahoma-draft-standards-ask-students-to-find-2020-election-discrepancies/2025/03>

⁶⁴ <https://oklahomavoice.com/2025/03/13/proposed-oklahoma-social-studies-standards-suggest-discrepancies-in-2020-election/>

⁶⁵ Comme le fait remarquer un relecteur, « la source des “hallucinations” provient de la manière dont les LLM fonctionnent, et les erreurs produites sont tellement éloignées des erreurs que feraient éventuellement des humains que cela rend l'exercice de l'esprit critique assez vain ».

5.2 LA SCIENCE-FICTION POURRAIT ETRE LA CLE POUR AIDER LES ELEVES A COMPRENDRE L'IA⁶⁶

Pour les éducateurs qui cherchent à aider leurs élèves à appréhender les changements sociétaux que l'IA pourrait susciter, ainsi que ses implications morales et éthiques, la fiction est devenue un outil pédagogique indispensable. Les écrivains ont imaginé comment les récents développements technologiques pourraient changer le monde bien avant que les ingénieurs et les programmeurs ne les créent. L'utilisation de la littérature pour enseigner l'IA permet de s'assurer que la discussion sur cette technologie qui change la donne – et qui influence déjà la façon dont nous faisons nos courses, traitons les maladies et conduisons nos voitures – n'est pas confinée à quelques cours, généralement facultatifs. Cela n'est pas sans rappeler les questions *informatique et société*, présentes dans les programmes scolaires français en informatique et finalement souvent mises de côté.

En tous cas, une sorte de littéracie de l'IA est débattue⁶⁷ :

1. Pourquoi il est essentiel d'avoir une compréhension de base du fonctionnement de l'IA ?
2. Donner aux élèves des occasions pratiques de comprendre le fonctionnement de l'IA.
3. Discuter et analyser les questions éthiques relatives à la technologie.
4. Comment interagir efficacement avec l'IA ?
5. Faire savoir aux élèves que les compétences en matière d'IA ne sont pas réservées aux experts en informatique.

Un thème qui peut être traité est celui des préoccupations environnementales engendrées par la présence physique de l'IA et ce qu'est exactement cette présence physique. On peut citer le recueil de nouvelles *AI 2041* de Kai Fu-Lee et Chen Qiufan⁶⁸ ou la série télévisée *Black Mirror*⁶⁹. Par exemple, « *L'éléphant d'or* » qui se déroule à Bombay en 2041, est centré sur une compagnie d'assurance qui évalue les risques et ajuste le prix des primes sur la base de données très personnelles. Lorsqu'une adolescente sort avec un garçon d'une caste inférieure, les coûts d'assurance de sa famille augmentent et ses parents exigent des explications.

De tels exemples attestent l'intérêt de la science-fiction pour explorer des conséquences de certaines utilisations de l'IA, en montrant la complexité et aller au-delà des injonctions moralisatrices souvent martelées (ce qu'il faut et ne faut pas faire).

La théorie de la forêt sombre, développée par Liu Cixin dans sa trilogie du problème à trois corps, est reprise pour le web. Cette théorie suggère que l'univers est comme une forêt sombre la nuit, un endroit qui semble calme et sans vie parce que si vous faites du bruit, les prédateurs viendront vous dévorer. Ainsi, toutes les autres civilisations intelligentes de l'univers ont été tuées ou ont appris à se taire. Selon Yancey Striker⁷⁰, Internet est en train de devenir une « forêt sombre » dans laquelle les publicités, le pistage, le *trolling*, le battage médiatique et autres comportements prédateurs sont légion. Lorsque nous émettons des

⁶⁶ <https://www.edweek.org/technology/science-fiction-may-be-the-key-to-helping-students-understand-ai/2024/04>

⁶⁷ <https://www.edweek.org/technology/ai-literacy-explained/2023/05>

⁶⁸ <https://www.uncannymagazine.com/article/folding-beijing-2/>

⁶⁹ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Black_Mirror_\(s%C3%A9rie_t%C3%A9l%C3%A9vis%C3%A9e\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Black_Mirror_(s%C3%A9rie_t%C3%A9l%C3%A9vis%C3%A9e))

⁷⁰ <https://ystrickler.medium.com/the-dark-forest-theory-of-the-internet-7dc3e68a7cb1>. Voir aussi <https://darkforest.metalabel.com/dfa2?ref=ystrickler.com&variantId=1>

signaux pour tenter d'entrer en contact avec d'autres humains, nous risquons de devenir une cible.

Appleton (2023)⁷¹ reprend cette métaphore. Alors que les humains coûtent cher et sont lents à créer du contenu, les modèles génératifs écrivent beaucoup plus vite, n'ont pas besoin de temps libre et ne s'ennuient pas. Leurs créations sont très bon marché, faciles à utiliser, rapides et ces modèles peuvent produire une quantité quasi infinie de contenus. Nous sommes sur le point de nous noyer dans une mer de déchets informationnels, submergés par des masses de contenus médiocres. Toutefois, Appleton explique qu'il existe quelques différences essentielles entre le contenu généré par des modèles et le contenu créé par des humains. La première est le lien avec la réalité, la deuxième, le contexte social dans lequel ils vivent, et enfin, leur potentiel de relations humaines.

Elle défend trois idées-forces : (1) protéger l'agentivité humaine, (2) traiter les modèles comme des moteurs de raisonnement et non comme des sources de vérité, (3) augmenter les capacités cognitives plutôt que de les remplacer.

En effet, si le contenu généré par les modèles devient notre source de vérité, la façon dont nous connaissons les choses va se réduire à ce qu'un modèle de langage les a dites un jour. Elles seront alors capturées à jamais dans le flux circulaire d'informations générées. C'est en respectant leurs forces uniques et en les exploitant que nous pouvons le mieux développer et augmenter nos capacités cognitives.

5.3 DES VISIONS CRITIQUES SALUTAIRES ?

Au-delà de la science-fiction, ce sont des visions critiques, qui nous aident à mieux comprendre les tendances à l'œuvre, à les caractériser et à les combattre si nécessaire, qui devraient alimenter les débats autour du développement ultra-rapide des IAG.

Les analyses de Ngwenyama *et al.* (2024)⁷² sont particulièrement pertinentes. Leur article critique les promesses utopiques associées à la révolution du *Big Data*. Sous couvert de bénéfiques pour les utilisateurs, la collecte et l'exploitation massives des données personnelles enferment les individus dans une « prison ouverte » numérique. Même s'ils semblent libres de leurs choix numériques (utiliser Google, les réseaux sociaux, etc.), leurs comportements sont constamment surveillés, analysés et influencés. Cette surveillance omniprésente crée une forme de captivité douce. Trois concepts sont mis en avant :

- Fausse conscience (*False consciousness*) : les individus internalisent une vision idéaliste du numérique, ignorant les effets négatifs (pertes économiques, atteintes à la vie privée, manipulation algorithmique, dépendance numérique, etc.) ;
- Pacte faustien (*Faustian bargain*) : les usagers abandonnent leur vie privée en échange de services efficaces ou de confort numérique, sacrifient leur autonomie pour des gains immédiats, sans toujours comprendre les conséquences à long terme ;
- Enfermement numérique (*Digital entrapment*) : processus par lequel on devient dépendant d'écosystèmes numériques, incapables d'en sortir sans subir de coûts élevés, influencés par les données que l'on a fournies, ce qui limite notre liberté future (recommandations biaisées, filtrage des contenus).

⁷¹ <https://maggieappleton.com/forest-talk>

⁷² « La prison ouverte de la révolution du Big Data : Fausse conscience, marchandages faustiens et piège numérique »

Les plateformes utilisent des *dark patterns* et des dispositifs de datafication (transformer chaque interaction en données valorisables) pour générer des effets de réseau positifs pour elles-mêmes, tout en produisant majoritairement des effets négatifs pour les individus (perte de contrôle, surveillance accrue, manipulation comportementale).

L'article appelle à une réflexion éthique et critique sur la manière dont le *Big Data* façonne notre réalité sociale, politique et personnelle. Il invite à dépasser la passivité face aux géants du numérique, et à reconquérir une capacité de jugement et de résistance *via* une meilleure transparence algorithmique, une régulation plus stricte et une éducation des utilisateurs à leur propre « conscience numérique ». Les auteurs soulignent un paradoxe apparent : plus les systèmes sont intelligents et personnalisés, moins les individus semblent libres (voir aussi Isobe *et al.*, 2025).

6. PERSPECTIVES

« La présence soudaine parmi nous d'entités exotiques ressemblant à l'esprit pourrait précipiter un changement dans la façon dont nous utilisons des termes psychologiques familiers tels que "croit" et "pense", ou peut-être l'introduction de nouveaux mots et de nouvelles tournures de phrase. Mais il faut du temps pour qu'un nouveau langage s'installe et que de nouvelles façons de parler trouvent leur place dans les affaires humaines. Il faudra peut-être une longue période d'interaction et de vie avec ces nouveaux types d'artefacts avant que nous n'apprenions comment en parler au mieux. En attendant, nous devrions essayer de résister aux sirènes de l'anthropomorphisme » Murray (2023).

Le moment que nous vivons en éducation rappelle ce qui se passait dans les années 1990 : l'ordinateur personnel, le développement du tableur et du traitement de texte, etc., conduisant à des changements majeurs dans les entreprises. Le tableur est ainsi devenu l'instrument phare des consultants, ils sont même devenus inséparables ! En éducation, les outils de productivité personnelle se sont répandus et le travail hors classe des enseignants s'est transformé, mais peu les utilisations des produits informatiques dans les classes, malgré les pressions du ministère de l'éducation. L'hypothétique transfert d'utilisations personnelles des enseignants vers des utilisations en classe avec les élèves ne s'est pas produit. Les utilisations en classe sont restées rares. En outre, la plupart des élèves et des étudiants actuels ne savent se servir ni du traitement de texte (ils perdent beaucoup de temps quand ils doivent faire des textes longs) ni du tableur (Blondel *et al.*, 2008). Dès le début des années 2000, il a fallu protéger les élèves des côtés sombres d'internet. Des usages des élèves en dehors de la classe se sont développés, répondant à des logiques non scolaires (Boissière et Bruillard, 2021).

Comme l'analyse des vagues précédentes de technologies a pu nous l'apprendre, l'apport de nouvelles technologies ouvertes à tous dans la société augmente les inégalités (télévision, ordinateur portable, Internet...) en l'absence de mesures compensatoires pour les populations les moins favorisées (Bruillard, 2020). Utiliser plus largement dans l'éducation des technologies qui font une partie des tâches demandées aux élèves et parfois des tâches qui ne pourraient pas être faites par les élèves, conduit à leur faire aborder des choses plus

complexes. Cela peut également conduire à élever le niveau des examens avec peut-être un moindre taux de réussite, ce qui n'est pas socialement accepté⁷³.

Pour le moment, prédomine une vision plutôt unifiée sur les IAG et on risque d'avoir des discours généralisants, avec des questions sans signification du style : « est-ce que l'IAG permet de mieux enseigner ou de mieux apprendre ? », sans préciser le contexte et la situation. En parallèle, va émerger une grande quantité d'IAG spécialisées, qui n'auront pas toujours les défauts repérés des IAG générales (notamment en contrôlant les productions des grands modèles de langage) mais poseront de nouvelles questions.

Pour finir, citons Catherine Truitt, surintendante de l'instruction publique de Caroline du Nord. Elle estime que les éducateurs devront repenser les principes de l'enseignement et de l'apprentissage qu'ils défendent depuis longtemps et s'interroger : « Pourquoi faire suivre aux enfants des cours de littérature mondiale, de biologie et de physique ? Qu'est-ce que les enfants devraient retirer de ces cours ? Il faudrait repenser ce que signifie réellement l'enseignement d'un contenu ou le fait d'aider les élèves à développer une pensée critique et des compétences analytiques... Les conséquences de notre ignorance et de notre politique de l'autruche sont que les élèves joueront avec le système »⁷⁴. Et que vont-ils en retirer ?

Terminons plutôt sur une note positive. Le rapport de l'Assemblée Nationale sur « les effets psychologiques de TikTok sur les mineurs » invite à « opérer un véritable changement de paradigme au sein de l'éducation nationale »⁷⁵. Il s'agit notamment d'instaurer une « pause numérique », du fait que « les portables constituent un frein puissant aux interactions entre élèves ». Les discours dans les médias soulignent ainsi l'importance de la socialisation et des activités collectives, en dehors de la classe et en classe, que certains enfants redécouvrent lorsqu'ils ne sont plus collés à leur téléphone portable. Intéressant plaidoyer pour des activités collectives voire collaboratives en classe. Pourquoi ne pas promouvoir des pratiques similaires avec les IAG et les utiliser comme une voix (une seule) supplémentaire dans la classe, permettant de discuter, de critiquer collectivement ses générations, de montrer ainsi des formes d'utilisation réflexives ? Considérer les IAG comme des sortes d'usuels au sein des classes, que l'on consulte collectivement (une machine dédiée gérée par l'enseignant ou un élève), un élément dans la vie de la classe. On passerait ainsi d'une IA centrée sur la personnalisation à une IA favorisant le travail collectif. Intéressant renversement.

7. REMERCIEMENTS

Aux deux lecteurs de STICEF dont les conseils ont largement contribué à améliorer cette rubrique. Qu'ils ou elles en soient remerciées.

⁷³ On pourra consulter la série de podcasts hébergée par Justin Reich, <https://www.teachlabpodcast.com/about/>
⁷⁴ <https://www.edweek.org/technology/schools-are-taking-too-long-to-craft-ai-policy-why-thats-a-problem/2024/02>

⁷⁵ https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/17/rapports/cetiktok/117b1770-ti_rapport-enquete#_Toc256000208

REFERENCES

- Appleton, M. (2023). *The Dark Forest and Generative AI. Proving you're a human on a web flooded with generative AI content* (La forêt sombre et l'IA générative. Prouver que l'on est un humain sur un web inondé de contenu d'IA générative).
<https://maggieappleton.com/ai-dark-forest> et <https://maggieappleton.com/forest-talk>
- Barbier, C. (2024). *Développer l'esprit critique des élèves : analyse des conceptions, des pratiques déclarées et des choix de ressources d'enseignants de collège* [thèse de doctorat]. Université Paris Cité, France. <https://theses.fr/2024UNIP7153>
- Blondel, F.-M., Bruillard, E. et Tort, F. (2008). Overview and main results of the DidaTab project. *Proc. European Spreadsheet Risks Int. Grp. (EuSpRIG) 2008*, 187-198, <https://arxiv.org/abs/0809.3612>
- Boissière, J. et Bruillard, É. (2021). *L'école digitale. Une éducation à construire et à vivre*. Armand Colin, coll. « Sociologia ».
- Bruillard, É. (2020). Sesame Street et l'évaluation des technologies éducatives. *Revue Adjectif*, <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article533>
- Bruillard, É. (2025). Quelle IA générative dans l'enseignement supérieur ? Retours du colloque SITE2025. *DMS*, 50. <https://journals.openedition.org/dms/>
- Ehrlinger, J. et Dunning, D. (2003). How Chronic Self-Views Influence (and Potentially Mislead) Estimates of Performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(1), 5–17.
<https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/252/2014/10/EhrlingerDunning2003.pdf>
- Kaufman, J., Woo, A., Eagan, J., Lee, S. et Kassan, E. (2025). *Uneven Adoption of Artificial Intelligence Tools Among U.S. Teachers and Principals in the 2023–2024 School Year*. Rand corporation.
https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA134-25.html
- Isobe, T., Kawashima, H., Shibata, Y., Horiguchi, G. et Mizubayashi, S. (2025). *Platforms and Social Foundations: How to engage the Monsters*. Keio University Press.
https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/listitem.php?index_id=78895
- Lee, V., R., Pope, D., Miles, S. et Zarate, R. (2024). Cheating in the age of generative AI: A high school survey study of cheating behaviors before and after the release of ChatGPT, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X24000560?via%3Dihub>
- Lee, H.-P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R. et Wilson, N. (2025). The Impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects From a Survey of Knowledge Workers. Dans *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25)*, Yokohama, Japan. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713778>
- Madden, M., Calvin, A. et Hasse, A., with support from Lenhart, A. (2024). *The Dawn of the AI Era: Teens, Parents, and the Adoption of Generative AI at Home and School*. CommonSense
- Maiberg, E. (2024, 9 octobre). The Editors Protecting Wikipedia from AI Hoaxes. *404 Media*. <https://www.404media.co/the-editors-protecting-wikipedia-from-ai-hoaxes/>

- Murray, S. (2023). *Talking About Large Language Models*, <https://arxiv.org/abs/2212.03551>
- Naudet, C. (2025). L’usage de l’intelligence artificielle générative au lycée : un révélateur des inégalités socio-scolaires ? *DMS*, 51. <https://journals.openedition.org/dms/11781>
- Ngwenyama, O., Rowe, F., Klein, S. et Henriksen, H., Z. (2024). The Open Prison of the Big Data Revolution: False Consciousness, Faustian Bargains, and Digital Entrapment. *Information Systems Research*, 35(4), 2030–2058. <https://pubsonline.informs.org/doi/epdf/10.1287/isre.2020.0588>
- Robb, M., B., Mann, S. (2025). *Talk, Trust, and Trade-Offs: How and Why Teens Use AI Companions*. Common Sense Media. <https://www.commonsensemedia.org/research/talk-trust-and-trade-offs-how-and-why-teens-use-ai-companions>
- Roose, K., Newton, C., Land, D., Cohn, R., Poyant, J., Wood, C., Powell, D., Lozano, M., Niemisto, R. et Wong, D. (2024, 1er mars). *Gemini’s Culture War, Kara Swisher Burns Us and SCOTUS Takes Up Content Moderation*. The New York Times, Podcasts. <https://www.nytimes.com/2024/03/01/podcasts/hardfork-google-gemini-kara-swisher.html>
- Salvaggio, E. (2023). Shining a Light on “Shadow Prompting”. *Tech Policy press*. <https://www.techpolicy.press/shining-a-light-on-shadow-prompting/>
- Tresgots, A. (2025). Les élèves face à l’IA : entre séduction et inquiétudes. *Cahiers Pédagogiques*. <https://www.cahiers-pedagogiques.com/les-eleves-face-a-lia-entre-seduction-et-inquietudes/>
- Tresgots, A. et Zakhartchouk, J.-M. (2025). Intelligence artificielle : trois défis pour l’école. *Cahiers Pédagogiques*. <https://www.cahiers-pedagogiques.com/intelligence-artificielle-trois-defis-pour-lecole/>
- Villani, C. (2018). *Donner un sens à l’intelligence artificielle (IA) : pour une stratégie nationale et européenne*. Rapport remis au Premier Ministre, p. 184-192. <https://www.vie-publique.fr/rapport/37225-donner-un-sens-lintelligence-artificielle-pour-une-strategie-nation>

8. ANNEXE : LES HALLUCINATIONS DES IA GENERATIVES

Suite à l’invite « Peux-tu illustrer par des métaphores des cas d'hallucination des IA génératives », voici les réponses que *Claude.ai* a apportées.

Il a créé ce qu’il nomme « une visualisation interactive qui illustre les différents types d'hallucinations des IA génératives à travers des métaphores visuelles et des exemples concrets ». On peut y accéder à cette adresse : <https://claude.ai/public/artifacts/a8a4dadf-ec22-4e72-a454-5b30f2a19792>

Notons l’un des textes mis en exergue dans cette page :

« *Les hallucinations des IA ne sont pas des bugs, mais des caractéristiques inhérentes à leur fonctionnement. Elles révèlent comment ces systèmes construisent du sens à*

partir de patterns, parfois en créant des connexions qui n'existent que dans leur 'imagination' statistique. »

Claude.ai a donné des précisions sur la page qu'il a créée :

« J'ai créé une visualisation interactive qui illustre les différents types d'hallucinations des IA génératives à travers six métaphores visuelles puissantes :

Les Six Métaphores

1. **Le Mirage du Désert** - Pour les fausses informations factuelles qui semblent plausibles
2. **La Chimère Mythologique** - Pour le mélange d'éléments vrais créant du faux
3. **Le Rêve Lucide** - Pour la cohérence interne dans l'irréel
4. **L'Écho Déformé** - Pour la déformation d'informations partiellement correctes
5. **La Bibliothèque de Babel** - Pour le contenu qui pourrait exister mais n'existe pas
6. **L'Appareil Photo Fantôme** - Pour le contenu ultra-réaliste mais fictif

Fonctionnalités de Sensibilisation

- **Cartes interactives** avec exemples concrets pour chaque type
- **Animations visuelles** pour illustrer les concepts
- **Section prévention** avec conseils pratiques
- **Réflexion critique** sur la nature des hallucinations IA
- **Design immersif** pour marquer les esprits

Objectif Pédagogique

Cette visualisation vise à :

- Rendre tangibles des concepts abstraits
- Sensibiliser aux risques sans diaboliser la technologie
- Encourager un usage critique et éclairé des IA
- Fournir des outils de détection et de prévention

Les métaphores permettent de mieux comprendre et mémoriser ces phénomènes complexes, tout en développant une vigilance appropriée face aux contenus générés par IA ».

Comités

REDACTRICE EN CHEF

Élise LAVOUÉ • LIRIS, Université Jean Moulin Lyon 3

COMITES DE REDACTION

Monique BARON • LIP6, Sorbonne Université, Paris

Laetitia BOULC'H • EDA, Université Paris Cité

Julien BROISIN • IRIT, Université de Toulouse Paul-Sabatier

Michel DESMARAIS • Polytechnique Montréal, Canada

Philippe DESSUS • LSE, Université Grenoble Alpes

Béatrice DROT-DELANGE • ACTé, Université Clermont Auvergne

Nour EL MAWAS • CREM, Université de Lorraine

Sébastien GEORGE • LIUM, Le Mans Université, Laval

Élise LAVOUÉ • LIRIS, Université Jean Moulin Lyon 3

Vanda LUENGO • LIP6, Sorbonne Université, Paris

Agathe MERCERON • Université de Berlin, Allemagne

Gaëlle MOLINARI • TECFA, Université de Genève, Suisse

Chrysta PÉLISSIER • Praxiling, Université Montpellier 3

Gaëtan TEMPERMAN • Université de Mons, Belgique

COMITE DE LECTURE

François-Xavier BERNARD • EDA, Université Paris Cité

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

Éric BRUILLARD • EDA, Université Paris Cité

Thibault CARRON • LIP6, Sorbonne Université et Université de Savoie Mont-Blanc

Ullrich CARSTEN • EdTec Lab, DFKI GmbH, Sarrebrück, Allemagne

Ghislaine CHARTRON • CNAM, Paris

Jacques CRINON • INSPE, Université Paris Est Créteil

Nicolas DELESTRE • LITIS, INSA de Rouen

Cyrille DESMOULINS • LIG, Université Grenoble Alpes

Angélique DIMITRACOPOULOU • LTEE, Université d'Egée, Grèce

Hassina EL KECHAI • TECHNE, Université de Poitiers
 Stéphanie FLECK, PErSEUs • Université de Lorraine – INSPE
 Cédric FLUCKIGER • Théodile-CIREL, Université Lille
 Michel GALAUP • EFTS, Université Toulouse 2
 Serge GARLATTI • Lab-STICC, IMT Atlantique, Brest
 Jean-Marie GILLIOT • Lab-STICC, IMT Atlantique, Brest
 Monique GRANDBASTIEN • LORIA, Université de Lorraine
 Brigitte GRUGEON • LDAR, INSPE, Université Paris Est Créteil
 Nicolas GUICHON • ICAR, Université Lumière Lyon 2
 Nathalie GUIN • LIRIS, Université Lyon 1
 France HENRI • LICEF, Télé-université, Université du Québec, Montréal, Canada
 Richard HOTTE • LICEF, Télé-université, Université du Québec, Montréal, Canada
 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
 Pierre LAFORCADE, LIUM • Université du Mans
 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
 Nadine MANDRAN, LIG • Université de Grenoble Alpes
 Pascal MARQUET • LISEC, Université de Strasbourg
 André MAYERS • Université de Sherbrooke, Canada
 Christine MICHEL • TECHNÉ, Université de Poitiers
 Nadia NAFFI • Université Laval
 Roger NKAMBOU • GDAC, Université du Québec à Montréal, Canada
 Thierry NODENOT • LIUPPA, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Bayonne
 Sandra NOGRY • Paragraphe, Cergy-Paris Université - INSPé de l'Académie de Versailles
 Luc PAQUETTE • Université de l'Illinois à Urbana-Champaign, USA
 Yvan PETER • LIFL, Université Lille, Villeneuve d'Ascq
 Julia PILET • LDAR, ESPÉ, Université Paris Est Créteil Val de Marne
 Valéry PSYCHÉ • Université TÉLUQ, Canada
 Dominique PY • LIUM, Le Mans Université
 Christophe REFFAY • ELLIAD, ESPÉ, Université de Franche-Comté
 Éric SANCHEZ • TECFA, Université de Genève, Suisse
 Karim SEHABA • LIRIS, Université Lyon 2
 Nicolas SZILAS • TECFA, Université de Genève, Suisse

André TRICOT • EPSYLON, Université Paul-Valéry Montpellier 3
Rémi VENANT • LIUM, Le Mans Université, Laval
Kalina YACEF • Université de Sydney, Australie
Amel YESSAD • MOCAH-LIP6, Sorbonne Université

EN MEMOIRE D'ANCIENS MEMBRES DU COMITE

Erik DUVAL • Université de Louvain, Belgique
Jacques PERRIAULT • Université Paris Nanterre
François VILLEMONTAIX • CIREL, Université de Lille

NOUS REMERCIONS LES PERSONNES EXTERIEURES AUX COMITES QUI ONT RELU POUR CE VOLUME :

Amaël ARGUEL • CLLE, Université de Toulouse
Sébastien BÉLAND • Université de Montréal, Canada
Matthieu BRANTHÔME • IRISA, Université de Rennes
Rawad CHAKER • ECL, Université Lumière Lyon 2
Matthieu CISEL • LISIS, Université Gustave Eiffel
Boniface MBOUZAO • Polytechnique Montréal, Canada
Yannick PRIÉ • LS2N, Université de Nantes
Normand ROY • Université de Montréal, Canada
Margarida ROMERO • LINE, Université Côte d'Azur

