



# Didactique

## Apprentissage et enseignement

Volume 7, Numéro 3 (2026)

ISSN 2563-2159

### Numéro thématique

## « Technologies numériques et contenus disciplinaires : interactions, compétences et appropriation »

### Coordonnatrices du numéro

Martin Riopel, Olivier Dezutter, Mathieu Bégin et Raoul Kamga

### Comité éditorial de la revue

Patrice Potvin, Olivier Arvisais, Mélanie Dumouchel, Kathleen Sénéchal,  
Chantal Tremblay et Élisabeth Bélanger

### Coordonnatrice de la revue

Audrey G-Héon

**UQÀM** | **Département de didactique**

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION  
Université du Québec à Montréal

**UQÀM** | **CEAP**  
Centre d'études sur l'apprentissage  
et la performance

**CRIDid**  
Centre de recherche interuniversitaire  
en didactiques

Éditeur : Département de didactique (UQAM), Montréal, Canada.

Pour citer ce numéro : Riopel, M., Dezutter, O., Bégin, M. et Kamga, R. (2026).  
Technologies numériques et contenus disciplinaires : interactions, compétences et appropriation  
[numéro thématique]. Volume 7, Numéro 3. *Didactique*, 7(3). <https://doi.org/10.37571/2026.03>



# Table des matières

|                                                                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Table des matières</b>                                                                                                                                                              | <b>3</b>  |
| <b>Introduction au numéro thématique « Technologies numériques et contenus disciplinaires : interactions, compétences et appropriation »</b>                                           | <b>4</b>  |
| <i>M. Riopel, O. Dezutter, M. Bégin et R. Kamga</i>                                                                                                                                    |           |
| <b>Revue de la portée sur les usages didactiques des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM</b>                                    | <b>19</b> |
| <i>D. Pellerin, D. Michaud, P. Champagne et O. Robin</i>                                                                                                                               |           |
| <b>Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire</b> | <b>48</b> |
| <i>M. Lalonde</i>                                                                                                                                                                      |           |
| <b>Schèmes et méta-schèmes : pour une évaluation située des compétences numériques</b>                                                                                                 | <b>73</b> |
| <i>D. Guigui</i>                                                                                                                                                                       |           |
| <b>Caractéristiques des activités de développement professionnel dédiées au personnel enseignant combinant la créativité et l'usage pédagogique du numérique</b>                       | <b>92</b> |
| <i>J. Bisailon, S. Villeneuve et A. Stockless</i>                                                                                                                                      |           |

## **Introduction au numéro thématique « Technologies numériques et contenus disciplinaires : interactions, compétences et appropriation »**

Martin Riopel<sup>1</sup>, Olivier Dezutter<sup>2</sup>, Mathieu Bégin<sup>2</sup> et Raoul Kamga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université du Québec à Montréal, Canada

<sup>2</sup> Université de Sherbrooke, Canada

### **Pour citer cet article :**

Riopel, M., Dezutter, O., Bégin, M. et Kamga, R. (2026). Introduction au numéro thématique « Technologies numériques et contenus disciplinaires : interactions, compétences et appropriation ». *Didactique*, 7(3), 4-18.

<https://doi.org/10.37571/2026.0301>

**Résumé :** Les technologies numériques transforment les modalités d'accès aux savoirs, les activités d'apprentissage et les pratiques d'enseignement. Leur portée didactique dépend toutefois des contenus, des contextes et des personnes qui les mobilisent. Organisé autour des trois pôles du triangle didactique, ce numéro thématique examine : les interactions entre technologies numériques et contenus disciplinaires ; le développement et l'évaluation des compétences numériques chez les personnes apprenantes ; ainsi que le développement professionnel et l'appropriation pédagogique du numérique chez le personnel enseignant. Les quatre contributions portent respectivement sur les usages didactiques des technologies mobiles en science, technologie, ingénierie et mathématique (STIM), sur l'intégration des réalités étendues en arts visuels, sur l'évaluation située des compétences numériques ainsi que sur les activités de développement professionnel combinant créativité et numérique. Ensemble, elles montrent que le potentiel éducatif du numérique ne réside pas dans les outils eux-mêmes, mais dans les configurations didactiques qu'ils contribuent à instaurer entre les savoirs, les personnes apprenantes et le personnel enseignant. Elles mettent également en évidence l'importance des médiations, de la conceptualisation, de l'évaluation des processus d'action et de l'accompagnement professionnel. Le numéro invite ainsi à dépasser une

conception instrumentale du numérique pour l'envisager comme un ensemble de pratiques, de contenus et de compétences en interaction.

**Mots-clés :** technologies numériques, contenus disciplinaires, compétences numériques, triangle didactique, développement professionnel, appropriation pédagogique.

## **Le numérique dans le champ des didactiques : au-delà des outils**

Depuis plusieurs décennies, et plus récemment avec le développement de l'intelligence artificielle, les technologies numériques transforment les pratiques éducatives. Elles modifient les modalités d'accès aux savoirs, les dynamiques d'apprentissage, les interactions pédagogiques ainsi que les manières d'enseigner et d'évaluer (Amadiou et al., 2020 ; Baron et Bruillard, 2018 ; Conseil supérieur de l'éducation, 2020 ; Redecker et Punie, 2017). Les recherches consacrées à leurs effets sur les apprentissages font généralement ressortir des résultats positifs, mais variables selon les dispositifs, les disciplines et les contextes dans lesquels ils sont mobilisés (Chauhan, 2017 ; Schmid et al., 2014 ; Wu et al., 2012). Leur présence ne garantit donc pas, à elle seule, une amélioration de l'enseignement ou des apprentissages.

Dans le champ des didactiques, l'intégration du numérique ne peut être envisagée comme la simple introduction d'outils nouveaux dans des pratiques préexistantes. Son intégration engage des relations complexes entre les technologies, les contenus disciplinaires, les démarches disciplinaires et les intentions pédagogiques. Les environnements immersifs, les plateformes collaboratives, les appareils mobiles ou les ressources adaptatives peuvent transformer la manière dont certains savoirs sont représentés, expérimentés et construits. En retour, les caractéristiques des contenus et les exigences propres aux disciplines orientent la sélection, la conception et les usages de certaines technologies. Cette articulation entre savoirs technologiques, pédagogiques et disciplinaires constitue d'ailleurs un enjeu central de l'intégration du numérique en enseignement (Mishra et Koehler, 2006).

L'intégration du numérique peut également contribuer à rapprocher les pratiques scolaires, parascolaires et extrascolaires, à renouveler certains objets d'apprentissage et à favoriser des formes d'enseignement interdisciplinaires. Les discours ayant accompagné la diffusion du numérique ont parfois insisté sur l'émergence de nouvelles pratiques culturelles chez les jeunes et sur leur incidence possible sur l'éducation (Prensky, 2001). Toutefois, la familiarité avec les technologies ne saurait être confondue avec la maîtrise de leurs usages à des fins d'apprentissage. Celle-ci nécessite des médiations didactiques explicites ainsi qu'un accompagnement adapté aux contenus, aux personnes apprenantes et aux contextes de formation (Lameul et Loisy, 2014).

L'intégration du numérique soulève parallèlement la question des compétences qu'elle permet ou exige de développer chez les élèves d'une part et chez les personnes enseignantes d'autre part. Au Québec, le Référentiel de compétences professionnelles de la profession enseignante en fait d'ailleurs une compétence professionnelle à part entière — « Mobiliser Riopel et al, 2026

le numérique » — qui traverse l'ensemble de l'activité enseignante et s'appuie sur le Cadre de référence de la compétence numérique (Ministère de l'Éducation du Québec, 2020). Les compétences numériques concernent notamment la résolution collaborative de problèmes (Kamga et al., 2023), la créativité (Leroy et al., 2023), l'usage critique de l'information, la production de contenus ainsi que la capacité à agir de manière responsable dans des environnements numériques (Ministère de l'Éducation du Québec, 2024 ; Voogt & Roblin, 2012). Les compétences numériques ne peuvent toutefois être réduites à la maîtrise technique d'outils particuliers. Leur développement et leur évaluation supposent de tenir compte des situations dans lesquelles elles sont mobilisées, de leur articulation avec les apprentissages disciplinaires et des conditions de formation des personnes apprenantes et enseignantes (Michelot et Collin, 2024 ; Stockless et Villeneuve, 2017 ; Tondeur et al., 2012).

Enfin, les usages éducatifs du numérique ne sont pas indépendants des enjeux sociaux et éthiques auxquels ils participent. L'accès inégal aux équipements et aux ressources, la protection des données, la dépendance envers des plateformes commerciales ainsi que les effets des technologies sur les pratiques professionnelles et les rapports aux savoirs appellent une attention critique (Moore et Ellsworth, 2014 ; Selwyn, 2021). Le développement des compétences numériques doit donc s'accompagner d'une réflexion sur les finalités poursuivies, les conditions d'utilisation des dispositifs et les responsabilités des différents acteurs.

Le présent numéro thématique s'inscrit dans cette perspective. Les contributions réunies peuvent être organisées autour des trois pôles du triangle didactique — le savoir, la personne apprenante et la personne enseignante — qui structurent le système didactique (Chevallard, 1991 ; Houssaye, 1988). Le premier axe porte ainsi sur les *interactions entre technologies numériques et contenus disciplinaires*. Le deuxième concerne le *développement et l'évaluation des compétences numériques chez les personnes apprenantes*. Le troisième s'intéresse au *développement professionnel et à l'appropriation pédagogique du numérique chez le personnel enseignant*. Le numérique n'est toutefois pas envisagé comme un pôle supplémentaire : il traverse ces trois dimensions et contribue à reconfigurer leurs relations.

### **Interactions entre technologies numériques et contenus disciplinaires**

Le premier axe du numéro porte sur les interactions entre les technologies numériques et les contenus disciplinaires. Il ne s'agit pas seulement d'examiner comment le numérique transforme les modalités d'accès, de représentation ou de construction des savoirs. Il

convient également de considérer la manière dont les caractéristiques des disciplines, leurs objets, leurs démarches et leurs critères de validité orientent la sélection et la mobilisation des technologies. Le potentiel didactique d'un outil ne lui est donc pas intrinsèque : il se construit dans une situation donnée, en fonction des contenus étudiés et des activités intellectuelles qu'elle vise à susciter.

Le premier article, rédigé par David Pellerin, Déréck Michaud, Pauline Champagne et Olivier Robin (2026), propose une revue de la portée consacrée aux usages didactiques des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM). Les téléphones et les tablettes comportent aujourd'hui plusieurs capteurs — notamment des accéléromètres, des gyroscopes, des microphones, des caméras ou des magnétomètres — capables de convertir des phénomènes physiques en données numériques visualisables. Leur présence dans un appareil ne suffit toutefois pas à en faire des instruments d'apprentissage. Ce n'est qu'à travers leur intégration à une activité orientée vers la construction d'un savoir ou leur mobilisation pédagogique qu'ils acquièrent une fonction didactique, selon le processus de genèse instrumentale décrit par Rabardel (1995).

À partir de 25 études empiriques publiées entre 2014 et 2025, les auteurs dégagent quatre usages didactiques des capteurs mobiles : ils peuvent servir de leviers à la prise de mesure, à la conceptualisation et à l'apprentissage, à l'exploration de phénomènes en contexte authentique ainsi qu'à l'accès à des expérimentations autrement difficiles à réaliser. Cette typologie constitue l'apport principal de l'article. Elle permet de dépasser une classification fondée uniquement sur les appareils ou les fonctionnalités techniques pour distinguer les configurations didactiques que leur mobilisation rend possibles.

L'analyse réalisée montre ainsi que l'usage d'un capteur peut se limiter au remplacement d'un instrument traditionnel, mais qu'il peut également modifier plus profondément la transposition didactique des contenus. En rendant certains phénomènes mesurables et immédiatement représentables, les technologies mobiles transforment les relations entre l'observation, la production de données, leur interprétation et la modélisation scientifique. En retour, les exigences propres aux STIM — précision de la mesure, confrontation au modèle, validation des données et contrôle des conditions expérimentales — déterminent les usages didactiquement pertinents de ces technologies.

L'article invite donc à ne pas évaluer un dispositif selon sa nouveauté ou son accessibilité, mais plutôt selon les médiations épistémiques et pragmatiques qu'il instaure. Une donnée produite automatiquement ne constitue pas encore un savoir : elle doit être interprétée, mise

en relation avec un phénomène et confrontée à un modèle. Cette distinction est particulièrement importante dans un contexte où les appareils numériques tendent à masquer certaines opérations techniques derrière des interfaces simples et immédiates.

La portée de la synthèse demeure toutefois liée aux caractéristiques des travaux recensés, qui portent principalement sur la physique et sur les ordres secondaire et universitaire. La typologie proposée ouvre ainsi des perspectives de recherche dans d'autres disciplines, auprès d'autres populations et dans des situations où les capteurs numériques pourraient soutenir des démarches d'investigation différentes.

Le deuxième article, rédigé par Martin Lalonde (2026), poursuit l'exploration du premier axe portant sur les interactions entre technologies numériques et contenus disciplinaires dans le domaine des arts plastiques et numériques. Il présente les résultats d'une recherche-design consacrée à l'intégration des réalités étendues — réalité augmentée et réalité virtuelle — dans l'enseignement des arts à l'enseignement secondaire. L'objectif n'est pas simplement d'introduire de nouveaux appareils en classe, mais d'examiner comment les contenus culturels et artistiques associés à ces technologies peuvent contribuer à actualiser les apprentissages disciplinaires.

Réalisé pendant 18 mois dans deux écoles secondaires du Québec, le projet a mobilisé trois personnes enseignantes spécialistes des arts et 68 élèves. Selon les principes collaboratifs et itératifs de la recherche-design (McKenney et Reeves, 2014), les personnes enseignantes ont participé à l'identification des besoins, à la coconception des situations d'apprentissage et d'évaluation, à leur mise à l'essai ainsi qu'à leur raffinement. Cette participation constante rejoint les constats formulés par Lewis et al. (2021) quant aux conditions pédagogiques nécessaires à une intégration pertinente des réalités virtuelle et augmentée en contexte scolaire.

Les résultats montrent que les réalités étendues mobilisent des notions, des savoir-faire et des gestes transformateurs encore peu présents dans les programmes d'arts plastiques et de multimédia. Les propriétés spatiales, immersives et interactives des œuvres conduisent notamment à renouveler les rapports entre création, appréciation, mise en espace et expérience esthétique. Le numérique ne sert donc pas uniquement à réaliser autrement des activités artistiques déjà établies : il contribue à faire émerger de nouveaux objets culturels et de nouvelles pratiques qui appellent une actualisation des contenus disciplinaires.

En retour, les finalités propres à l'enseignement des arts orientent la sélection et l'usage des technologies. Les dispositifs sont mobilisés parce qu'ils permettent de créer,

d'apprécier et de questionner des œuvres contemporaines, et non simplement en raison de leur nouveauté. La discipline fournit ainsi les critères qui permettent de donner un sens didactique à leur intégration. L'article illustre particulièrement bien l'idée d'une interaction entre contenus et technologies : les réalités étendues transforment les objets et les gestes artistiques, tandis que les démarches disciplinaires orientent leur appropriation scolaire.

Le texte fait également le lien avec le deuxième axe du numéro. Les activités développées contribuent au développement des compétences numériques chez les élèves, notamment parce qu'elles les amènent à comprendre, utiliser, analyser et créer avec des dispositifs technologiques récents. Elles permettent aussi d'aborder les conditions d'utilisation des services numériques, la protection des données personnelles, la propriété intellectuelle et les logiques économiques qui sous-tendent certains environnements technologiques. La création artistique devient ainsi un moyen de développer conjointement des apprentissages disciplinaires, les compétences numériques et une posture critique à l'égard du numérique.

L'apport principal de l'article réside dans cette articulation entre actualisation des contenus artistiques, développement des compétences numériques et réflexion éthique. Il rappelle toutefois que l'intégration des réalités étendues demeure soumise à des contraintes importantes, notamment l'accès aux équipements, les compétences techniques requises, la protection des données et la dépendance envers des services commerciaux. Ces contraintes participent pleinement à la définition de ce qu'il est possible et souhaitable de faire en contexte scolaire.

### **Développement et évaluation des compétences numériques chez les personnes apprenantes**

Le deuxième axe du numéro porte sur le développement et l'évaluation de la compétence numérique chez les personnes apprenantes. Cette compétence ne se réduit pas à la maîtrise technique d'outils ou de fonctionnalités particulières : elle suppose la mobilisation de connaissances, de stratégies et de capacités d'action dans des situations variées. Son caractère transversal soulève dès lors une question importante sur le plan didactique : comment favoriser son développement à travers des activités situées et comment évaluer une compétence appelée à être mobilisée au-delà de la situation dans laquelle elle est observée ? Cet axe s'intéresse ainsi à la fois aux situations qui permettent aux personnes apprenantes de développer leur compétence numérique et aux moyens de rendre compte des processus qui sous-tendent cette compétence et de son potentiel de transfert.

Le troisième article, rédigé par David Guigui (2026), déplace le regard vers l'évaluation des compétences numériques transversales en contexte de formation professionnelle. Il part d'une difficulté théorique importante : comment attribuer une compétence réputée transférable à partir d'une performance observée dans une situation locale et singulière ? L'évaluation fondée sur le seul produit final risque en effet de confondre la réussite apparente avec les processus cognitifs et organisationnels qui l'ont rendue possible. Deux productions visuellement semblables peuvent ainsi reposer sur des modes d'action très différents et ne pas présenter le même potentiel de stabilité ou de transfert.

L'étude porte sur treize jeunes adultes inscrits dans une École de la Deuxième Chance en France. Les personnes participantes devaient reproduire la mise en forme d'un curriculum vitae à partir d'un modèle. Leur activité à l'écran a été enregistrée intégralement, puis décomposée en actions et en opérations. Le dispositif méthodologique, nommé « théâtre d'expression de l'activité », vise à créer une situation suffisamment authentique pour mobiliser les compétences des personnes apprenantes, tout en rendant observables les régularités qui organisent leurs actions.

L'analyse s'appuie sur la notion de schème, définie comme une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations donnée (Vergnaud, 1990). Elle fait apparaître trois schèmes correspondant à des niveaux distincts de conceptualisation. Le premier repose sur des ajustements locaux et perceptifs, notamment l'ajout manuel d'espaces. Le deuxième mobilise des repères spatiaux plus stables, comme les tabulations et les retraits. Le troisième repose sur une organisation relationnelle anticipée et sur l'utilisation d'outils structurants, tels que les tableaux ou les colonnes. Ces modes d'action peuvent aboutir à des résultats visuellement proches, mais ils diffèrent quant à leur efficacité, leur stabilité et leur résistance aux modifications.

La contribution théorique la plus originale du texte réside dans la notion de méta-schème, proposée pour désigner les organisations de l'activité orientées vers la construction, la stabilisation ou la transformation des schèmes eux-mêmes. Cette notion cherche à rendre compte, à partir des traces de l'activité, de l'apprentissage en train de se faire : exploration, ajustements successifs, stabilisation et généralisation. Cette perspective rejoint la didactique professionnelle, qui accorde une place centrale à la conceptualisation dans l'action dans le développement des compétences (Pastré et al., 2006). L'évaluation des compétences numériques ne porterait alors plus uniquement sur ce que la personne a produit, mais aussi sur la manière dont elle organise son activité et fait évoluer ses règles d'action.

Cet article apporte ainsi au numéro une réflexion importante sur le sens même du caractère transversal attribué aux compétences numériques. La maîtrise d'une commande particulière ne suffit pas nécessairement à attester une capacité transférable d'un logiciel ou d'une situation à l'autre. Ce transfert dépend davantage de la conceptualisation qui sous-tend l'action. Comprendre une relation fonctionnelle entre différentes zones d'un document paraît, par exemple, plus susceptible d'être réinvesti que reproduire une suite d'opérations mémorisées. L'analyse des schèmes offre donc une voie pour distinguer l'exécution locale d'une procédure et la construction d'une organisation plus générale de l'action.

Cette proposition demande néanmoins à être éprouvée dans d'autres classes de situations et auprès d'autres populations. Elle soulève également une question pratique : jusqu'où une analyse aussi fine de l'activité peut-elle être intégrée aux conditions ordinaires de formation et d'évaluation ? Son apport principal réside peut-être moins dans la reproduction systématique du dispositif que dans le déplacement du regard évaluatif qu'il propose. Les erreurs, les hésitations, les outils choisis et les ajustements deviennent alors des indices du niveau de conceptualisation et du développement possible des compétences.

### **Développement professionnel et appropriation pédagogique du numérique chez le personnel enseignant**

Le troisième axe du numéro porte sur le développement professionnel et l'appropriation pédagogique du numérique chez le personnel enseignant. La maîtrise d'outils numériques ne suffit pas, à elle seule, à assurer leur intégration pertinente dans les pratiques d'enseignement. Cette appropriation suppose une articulation entre les savoirs technologiques, pédagogiques et disciplinaires, mais aussi des occasions d'expérimentation, de réflexion et d'accompagnement adaptées aux contextes de pratique. Cet axe s'intéresse ainsi aux conditions permettant au personnel enseignant de développer sa compétence numérique, de transformer progressivement ses pratiques et de mobiliser les technologies en fonction d'intentions pédagogiques et didactiques explicites.

Le quatrième article, rédigé par Jérémie Bisaillon, Stéphane Villeneuve et Alain Stockless (2026), porte sur les caractéristiques des activités de développement professionnel qui combinent créativité et usage pédagogique du numérique chez le personnel enseignant. Le développement professionnel peut être envisagé comme un processus de transformation des connaissances, des pratiques et des croyances professionnelles au cours de la carrière (Guskey, 2000). Les auteurs partent du constat que l'usage créatif du numérique repose sur une articulation complexe entre des savoirs technologiques, pédagogiques et disciplinaires, Riopel et al, 2026

telle qu'elle est décrite dans le modèle TPACK (Koehler et Mishra, 2009). Bien que la créativité soit souvent présentée comme favorable à l'appropriation du numérique, sa définition et son opérationnalisation dans les activités de formation demeurent encore imprécises.

L'étude multicas analyse cinq activités de développement professionnel offertes principalement au personnel enseignant du secondaire au Québec dans le cadre de formations continues volontaires. Les données proviennent d'entretiens avec les personnes formatrices, d'observations directes et de documents liés aux formations. Le cadre met en relation quatre dimensions de la créativité — la personne, la démarche, le produit et le contexte créatifs — avec trois dimensions des activités de développement professionnel : les savoirs, les stratégies et la situation.

Les résultats montrent que les activités observées ne se limitent généralement pas à la transmission de connaissances techniques. Elles valorisent certaines postures, comme l'ouverture à la nouveauté, la prise de risque, la tolérance à l'ambiguïté et l'acceptation de se placer temporairement en position de personne apprenante. Les ateliers pratiques, l'exploration, la création de productions, les échanges et l'accompagnement jouent un rôle central. Une atmosphère sécuritaire, dans laquelle l'erreur et l'incertitude sont acceptées, apparaît également nécessaire pour que le personnel enseignant puisse expérimenter sans que les difficultés techniques soient vécues comme une remise en cause de sa compétence professionnelle.

Les auteurs proposent un continuum structuré autour de trois niveaux : familiarisation, appropriation et innovation. Au niveau de la familiarisation, les activités sont davantage guidées et visent la compréhension des postures et des savoirs associés à l'usage créatif du numérique. L'appropriation suppose une mobilisation plus consciente des ressources et une adaptation des usages au contexte d'enseignement. L'innovation correspond à une mobilisation plus fluide, à la cocréation et à la conception de situations nouvelles, utiles et élaborées. Ce continuum ne constitue pas une trajectoire rigide, mais un outil heuristique permettant d'adapter les dispositifs aux besoins et aux compétences des personnes participantes.

Le texte apporte une distinction importante entre l'exposition à une technologie et son appropriation pédagogique. Donner accès à un outil ou expliquer son fonctionnement ne suffit pas pour que le personnel enseignant puisse l'intégrer avec pertinence à ses pratiques. Cette intégration demande du temps, des occasions d'expérimentation, un accompagnement adapté, une articulation avec les contenus disciplinaires et la possibilité

de réfléchir aux intentions pédagogiques poursuivies. Le développement des compétences numériques du personnel enseignant apparaît alors inséparable d'un processus plus large de développement professionnel.

Cet article permet aussi de relier les trois contributions précédentes. La mobilisation de capteurs en STIM, l'intégration des réalités étendues en arts ou l'évaluation située des compétences numériques supposent toutes une expertise professionnelle qui ne peut être réduite à des habiletés techniques. Les personnes enseignantes doivent pouvoir juger de la pertinence d'un dispositif au regard d'un contenu, anticiper les difficultés des personnes apprenantes, interpréter leurs démarches et composer avec les contraintes matérielles ou éthiques. Le dernier texte du numéro met donc en évidence les conditions humaines et organisationnelles nécessaires à la mise en œuvre des possibilités didactiques décrites dans les autres contributions.

### **Des outils numériques aux configurations didactiques**

Considérés ensemble, les quatre articles invitent à déplacer l'attention des technologies prises isolément vers les configurations didactiques auxquelles elles participent. Le numérique n'y apparaît jamais comme une variable indépendante qui produirait mécaniquement des effets sur l'apprentissage. Sa portée se construit dans le contexte d'une discipline singulière et dans l'interaction entre un artefact, un contenu, une activité, un contexte et des personnes apprenantes et enseignantes disposant de ressources plus ou moins développées pour agir.

Les contributions font également apparaître une séquence qui reprend les trois pôles du triangle didactique. L'article de Pellerin et ses collègues (2026) examine d'abord les médiations par lesquelles des capteurs rendent des phénomènes accessibles et soutiennent la construction de savoirs scientifiques. Celui de Lalonde (2026) montre ensuite comment une technologie contribue à actualiser une discipline tout en devenant elle-même un objet d'apprentissage et de réflexion critique. Guigui (2026) interroge les processus permettant d'attester le développement des compétences numériques chez les personnes apprenantes au-delà de la seule performance observable. Enfin, Bisailon, Villeneuve et Stockless (2026) analysent les conditions de développement professionnel nécessaires pour que le personnel enseignant puisse concevoir et soutenir de tels apprentissages.

Cette progression ne doit toutefois pas masquer les relations transversales entre les textes. Les capteurs mobiles exigent une appropriation instrumentale et méthodologique par les personnes apprenantes comme par le personnel enseignant. Les réalités étendues articulent

apprentissages artistiques, création numérique et enjeux éthiques. L'évaluation des schèmes contribue à mieux comprendre les processus d'appropriation qui se déploient aussi dans les activités de développement professionnel. Enfin, la créativité traverse autant les productions des personnes apprenantes que la conception de situations pédagogiques par le personnel enseignant.

Les quatre contributions montrent ainsi que la pertinence didactique du numérique ne réside pas uniquement dans les propriétés des outils, mais dans les relations qu'ils permettent d'établir ou de transformer entre les savoirs, les personnes apprenantes et le personnel enseignant. Le numérique traverse les trois pôles du triangle didactique et reconfigure les rapports qui les unissent, sans pour autant se substituer à aucun d'eux.

## Conclusion

En somme, les quatre contributions réunies dans ce numéro montrent que l'intégration du numérique acquiert une véritable pertinence didactique lorsqu'elle est pensée à partir des contenus, des activités et des finalités éducatives. Elles mettent en lumière des transformations touchant l'accès aux phénomènes, les objets disciplinaires, les modes de création, les processus de conceptualisation, les pratiques d'évaluation et le développement professionnel.

Elles rappellent également que les possibilités offertes par les technologies s'accompagnent de contraintes et de responsabilités. L'interprétation critique des données, la protection de la vie privée, le choix des outils, l'accessibilité des dispositifs, l'accompagnement des personnes apprenantes et l'adaptation aux contextes de pratique ne constituent pas des enjeux périphériques. Ils participent directement à la définition des usages éducatifs souhaitables du numérique.

Le numéro ouvre ainsi plusieurs perspectives pour la recherche. Il paraît notamment nécessaire de mieux documenter les effets à long terme des usages numériques, la conception des outils numériques dédiés à l'éducation, le transfert des apprentissages, les différences entre disciplines et ordres d'enseignement ainsi que les conditions permettant aux innovations développées dans des projets de recherche de s'inscrire durablement dans les pratiques ordinaires. Les travaux futurs gagneraient aussi à approfondir l'articulation entre compétences disciplinaires, compétences numériques et citoyenneté, particulièrement dans un contexte où les dispositifs algorithmiques et l'intelligence artificielle occupent une place croissante dans les environnements éducatifs.

Plus largement, les textes invitent à ne pas demander seulement ce que le numérique peut apporter à l'éducation. Ils conduisent aussi à examiner ce que les contenus, les disciplines et les visées éducatives imposent au numérique : des choix, des limites, des transformations et des critères de pertinence. C'est dans cette interaction, plutôt que dans la seule nouveauté technologique, que se situe le potentiel didactique des outils et des dispositifs étudiés dans ce numéro.

## Références

- Amadiou, F., Tricot, A., et Marine, C. (2020). *Apprendre avec le numérique : mythes et réalités*. Paris : Retz.
- Baron, G.-L., et Bruillard, É. (2018). *Le numérique en éducation : enjeux et défis*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Bisaillon, J., Villeneuve, S. et Stockless, A. (2026). Caractéristiques des activités de développement professionnel dédiées au personnel enseignant combinant la créativité et l'usage pédagogique du numérique. *Didactique*, 7(3), 92-116. <https://doi.org/10.37571/2026.0305>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14-30.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné* (2e éd. augmentée). La Pensée sauvage.
- Conseil supérieur de l'éducation. (2020). *Éduquer au numérique, Rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2018-2020*, Québec. <https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/11/50-0534-RF-eduquer-au-numerique.pdf>
- Guigui, D. (2026). Schèmes et méta-schèmes : pour une évaluation située des compétences numériques. *Didactique*, 7(3), 73-91. <https://doi.org/10.37571/2026.0304>
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin Press.
- Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique : Théorie et pratiques de l'éducation scolaire*. Peter Lang.
- Kamga, R., Barma, S., et Romero, M. (2023). Analyse de l'agentivité transformatrice dans une activité de robotique pédagogique impliquant la résolution collaborative de problèmes. *Canadian Journal of Education*, 46(1), 193-220.
- Koehler, M. J. et Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Lalonde, M. (2026). Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire. *Didactique*, 7(3), 48-72. <https://doi.org/10.37571/2026.0303>

- Lameul, G., et Loisy, C. (2014). *La pédagogie universitaire à l'heure du numérique*. De Boeck Supérieur.
- Leroy, A., Romero, M., et Cassone, L. (2023). Interactivity and materiality matter in creativity: educational robotics for the assessment of divergent thinking. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 2194-2205.
- Lewis, F., Plante, P. et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : Une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27.
- McKenney, S. et Reeves, T. C. (2014). Educational design research. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 131-140). Springer.
- Michelot, F. et Collin, S. (2024). *La compétence numérique en contexte éducatif. Regards croisés et perspectives internationales*.
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2024). *L'utilisation pédagogique, éthique et légale de l'intelligence artificielle générative : Guide destiné au personnel enseignant*. Gouvernement du Québec.
- Mishra, P., et Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moore, S. L., et Ellsworth, J. B. (2014). Ethics of educational technology. *Handbook of research on educational communications and technology*, 113-127.
- Pastré, P., Mayen, P. et Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- Pellerin, D., Michaud, D., Champagne, P. et Robin, O. (2026). Revue de la portée sur les usages didactiques des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM. *Didactique*, 7(3), 19-47. <https://doi.org/10.37571/2026.0302>
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Redecker, C., et Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu)*. Luxembourg : Publications Office of the European Union.
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A., ... et Woods, J. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education*, 72, 271-291.
- Selwyn, N. (2021). *Education and technology: Key issues and debates*. Bloomsbury Publishing.

- Stockless, A. et Villeneuve, S. (2017). Chapitre 11 Les compétences numériques chez les enseignants : Doit-on devenir un expert ? In *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXI<sup>e</sup> siècle* (pp. 141-150). Presses de l'Université du Québec.
- Tondeur, J., Van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., et Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & education*, 59(1), 134-144.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Voogt, J., et Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21 st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
- Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., et Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & education*, 59(2), 817-827.

# Revue de la portée sur les usages didactiques des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM

David Pellerin, Déréck Michaud, Pauline Champagne et Olivier Robin  
*Université de Sherbrooke, Canada*

## Pour citer cet article :

Pellerin, D., Michaud, D., Champagne, P. et Robin, O. (2026). Revue de la portée sur les usages didactiques des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM. *Didactique*, 7(3), 19-47. <https://doi.org/10.37571/2026.0302>

**Résumé :** Ce travail examine la mobilisation didactique des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM (sciences, technologie, ingénierie, mathématiques). En se basant sur la méthode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), 25 études empiriques publiées entre 2014 et 2025 ont été recensées et analysées. L'analyse thématique, appuyée sur l'approche instrumentale de Rabardel et la notion de transposition didactique, a permis d'identifier quatre usages didactiques : 1) levier à la prise de mesure, 2) levier à la conceptualisation et à l'apprentissage, 3) levier à l'exploration, et 4) levier à l'accès à l'expérimentation. Il apparaît que la mobilisation des capteurs ne se réduit pas à une substitution instrumentale, mais peut reconfigurer les médiations épistémiques et pragmatiques associées à la construction du savoir scientifique. La typologie proposée offre un cadre pour analyser l'intégration des technologies mobiles en STIM en fonction des configurations didactiques qu'elles instaurent plutôt que sous l'angle d'une simple innovation technologique.

**Mots-clés :** capteurs intégrés, technologies mobiles, STIM, approche instrumentale, transposition didactique.

## Problématique

Les technologies mobiles (tablette et téléphone mobile multifonction) occupent une place de plus en plus importante dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STIM) (Zhao, 2025). En effet, les capteurs intégrés à ces technologies sont de plus en plus utilisés dans les expérimentations pour développer les compétences associées à l'investigation scientifique. Contrairement au débat plus ancien concernant l'ordinateur, il subsiste un manque de fondements empiriques solides pour soutenir l'utilisation de ces technologies en classe (Hochberg et al., 2018). Malgré la multiplication des initiatives numériques en STIM, peu d'études ont documenté la manière dont les capteurs intégrés aux technologies mobiles transforment la transposition didactique des contenus disciplinaires et la construction du savoir scientifique. Le développement de la pensée scientifique nécessite de la personne apprenante qu'elle pose un problème pour ensuite interroger son environnement afin d'y répondre (Hasni et al., 2018). Les sens humains donnent accès aux phénomènes observables à partir desquels l'élève peut investiguer le réel, tandis que les capteurs électroniques (*sensors* en anglais) intégrés aux technologies mobiles agissent comme des outils complémentaires à ces sens (Silva, 2023). Les capteurs sont des dispositifs électroniques permettant de détecter une grandeur physique (accélération, lumière, pression, son, orientation, position, etc.) et de la convertir en signal numérique exploitable et visualisable sur un écran par l'entremise d'une application. Ce sont donc des outils de prise de mesures accessibles à tous et à toutes par l'entremise de leur propre téléphone ou tablette. Malgré ce potentiel pour l'apprentissage en STIM, les personnes enseignantes mobilisent peu ces technologies en classe pour réaliser des expérimentations. Selon une enquête menée auprès de personnes enseignantes de physique pour identifier leurs besoins en développement professionnel, celles-ci ont majoritairement exprimé le désir d'éliminer le stress lié à l'utilisation des nouvelles technologies et ont mentionné vouloir apprendre à réaliser des démonstrations et des travaux de laboratoire à l'aide des technologies mobiles (Juskaite et al., 2019). Au-delà des compétences techniques nécessaires à l'utilisation de ces technologies, c'est davantage l'acquisition des compétences méthodologiques liées aux usages didactiques en classe qui les préoccupent (Juskaite et al., 2019). À cet égard, il apparaît nécessaire d'identifier et de mieux comprendre les usages didactiques associés aux capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'apprentissage des STIM. Leur mobilisation ne se limite pas à introduire un outil de mesure en classe : elle engage une réflexion sur la manière dont ces capteurs rendent les phénomènes observables, produisent des données interprétables et soutiennent la construction des savoirs scientifiques. C'est pourquoi ils peuvent être envisagés comme des médiateurs épistémiques, susceptibles de transformer les modalités d'accès aux phénomènes, aux données produites et aux savoirs

scientifiques, dont le rôle dans les démarches d'apprentissage mérite d'être examiné plus précisément.

Deux synthèses de connaissances ont mis en lumière les retombées de l'utilisation des capteurs intégrés aux technologies mobiles pour l'expérimentation en STIM. Tout d'abord, Ubben et al. (2023) ont mené une revue systématique des usages du téléphone mobile dans l'enseignement des sciences. Ils ont recensé les différentes variables étudiées par les personnes chercheuses (ex. : motivation, intérêt, etc.) et ont présenté les effets observés en les regroupant en huit usages différents (ex. : application de réalité augmentée, jeux et ludification, communication, etc.). Un de ces usages est associé à la prise de mesures à l'aide des téléphones mobiles et regroupe huit études scientifiques menées entre 2015 et 2022 auprès de personnes apprenantes du primaire à l'université. En comparant l'utilisation des téléphones mobiles avec celle d'instruments de mesure traditionnels, ces études mettent en lumière des résultats généralement positifs sur l'apprentissage ainsi que sur l'augmentation de la motivation et de l'intérêt (Ubben et al., 2023). Ensuite, dans une synthèse des connaissances, Zhao (2025) recense 187 études publiées entre 2011 et 2024 portant sur l'expérimentation en physique assistée par les capteurs des téléphones mobiles auprès de personnes étudiantes universitaires. L'auteur distingue deux grandes catégories d'usages : 1) l'utilisation des capteurs intégrés pour effectuer des mesures physiques (*sensor-based experiments*), avec 78 % des expérimentations recensées, et 2) l'utilisation de la caméra pour capter des phénomènes physiques en vue d'en faire de l'analyse d'images ou de vidéos (*camera-based experiments*). Sa synthèse propose un découpage temporel de l'utilisation des technologies mobiles pour l'expérimentation, passant d'une phase d'exploration précoce (2011-2013) à une phase d'évaluation formelle (depuis 2022), rendue nécessaire par le confinement associé à la COVID-19. Elle classe également les expériences selon les thèmes étudiés ainsi que les capteurs et les applications utilisés. Cette synthèse est qualifiée de compréhensive (Zhao, 2025), mais ne comporte aucune précision quant à la méthodologie employée (mots-clés, bases de données consultées, processus de sélection des articles, etc.). Les synthèses de Ubben (2023) et de Zhao (2025) ne permettent pas d'identifier précisément les formes de mobilisation didactique des capteurs intégrés en contexte scolaire ni les configurations de médiation par lesquelles ces dispositifs participent à la construction du savoir en STIM. Nous formulons ainsi la question de recherche suivante : Comment, du point de vue de la littérature, les capteurs intégrés aux technologies mobiles sont-ils mobilisés dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM ?

## Cadre théorique

Notre recherche s'intéresse à la manière dont les capteurs intégrés aux technologies mobiles sont mobilisés dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM. En ce sens, les capteurs intégrés, les disciplines STIM, l'enseignement et l'apprentissage définissent les paramètres de cette mobilisation et tracent les contours de la recherche documentaire. Pour comprendre la mobilisation des capteurs intégrés et les reconfigurations de la transposition didactique qu'entraîne la construction du savoir médiée par le numérique, l'approche instrumentale de Rabardel (1995) offre un cadre riche avec ses concepts d'instrumentation et d'instrumentalisation.

Définissons d'abord les contours de notre recherche documentaire. Notre recherche s'intéresse aux capteurs intégrés des technologies mobiles (ex. : accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, microphone, luxmètre, GPS [*Global Positioning System*], caméra, baromètre, etc.). Ces outils de mesure ne nécessitent aucun ajout de matériel et sont mobilisables en classe comme à l'extérieur. Ils demeurent néanmoins peu exploités à des fins didactiques. Ces dispositifs transforment un phénomène physique en données numériques visualisables sous forme de valeurs ou de graphiques. Toutefois, la présence d'un capteur ne constitue pas en soi un usage didactique. Ce n'est que lorsqu'il est intégré à une activité orientée vers un objectif d'apprentissage disciplinaire qu'il devient un instrument (Rabardel, 1995), c'est-à-dire un artefact que la personne apprenante mobilise en mettant en place ses propres schèmes d'action pour construire ses savoirs.

Dans ce travail, l'acronyme STIM renvoie aux disciplines scolaires sciences, technologie, ingénierie, mathématiques où chaque discipline est traitée séparément, et non à une approche intégrée en STIM (Rifandi et Rahmi, 2019). Dans ces disciplines, l'expérimentation, la modélisation et l'interprétation occupent une place centrale. La construction du savoir repose sur la formulation de problèmes, l'investigation empirique, la production et l'analyse de données, ainsi que sur les passages entre différentes formes de représentation (phénomène observé, mesure, graphique, modèle, formalisme symbolique). L'introduction des capteurs intégrés des technologies mobiles modifie les modalités d'accès aux phénomènes, la collecte des données, la nature des représentations produites et le rythme de l'investigation.

Ces précisions permettent de situer les objets sur lesquels porte la recherche documentaire. Il reste toutefois à définir ce que signifie leur mobilisation en classe. Par mobilisation, nous entendons l'intégration effective d'un outil numérique dans une situation d'enseignement ou d'apprentissage en vue d'atteindre un objectif. La mobilisation peut être analysée selon deux dimensions complémentaires. La perspective didactique concerne la manière dont la

technologie mobile influence la nature du savoir étudié, la structuration de la démarche d'investigation, comprenant notamment la collecte, la modélisation et l'interprétation des données, les formes de représentation du savoir et la validité des mesures. La perspective pédagogique concerne les conditions dans lesquelles l'élève apprend. Elles concernent la motivation, la curiosité, la collaboration, l'engagement, l'autonomie et l'aisance à utiliser la technologie. Bien que la perspective pédagogique puisse influencer les usages et la transposition didactique, le présent article s'intéresse spécifiquement à la perspective didactique associée à la mobilisation des capteurs intégrés.

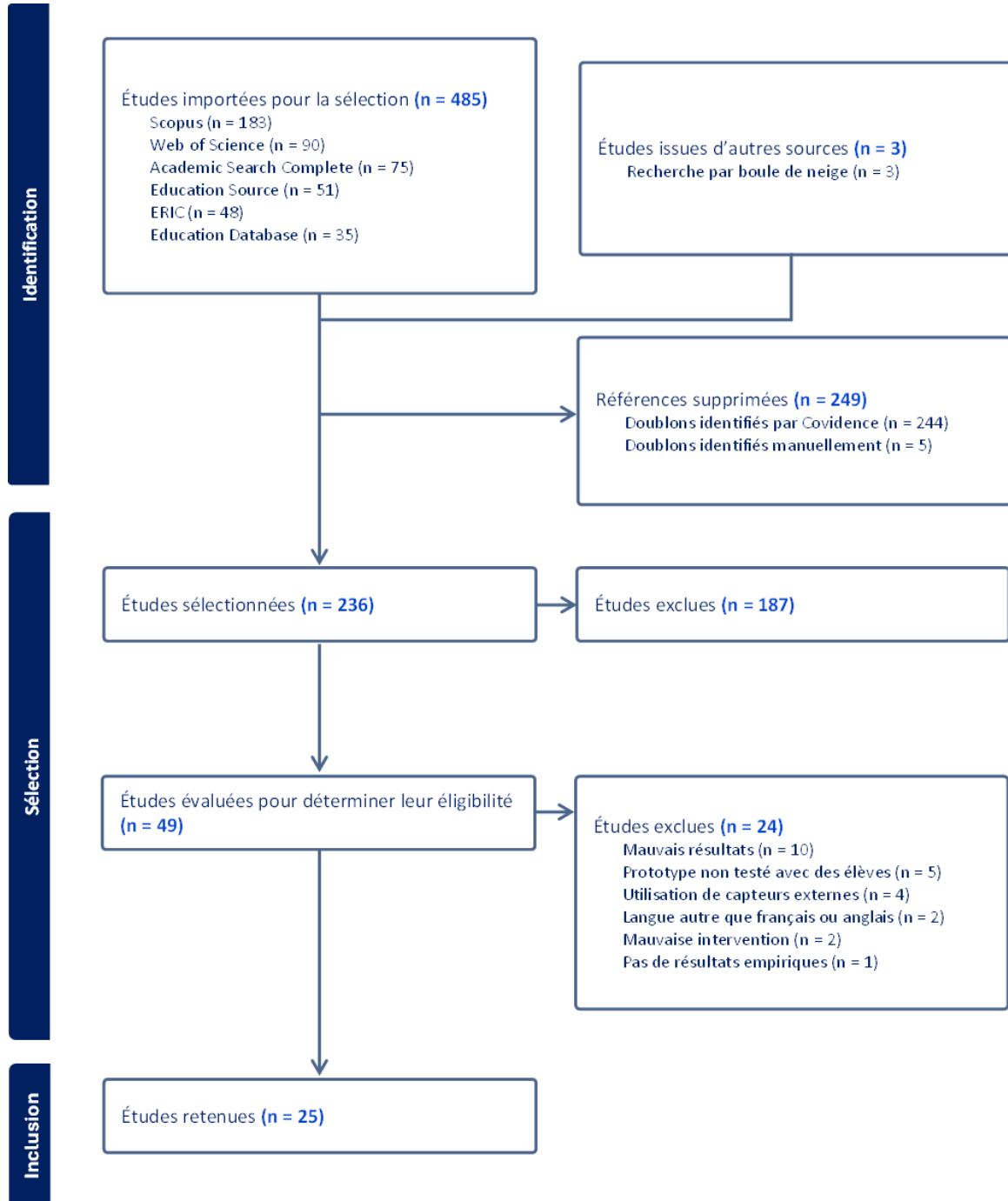
Cette perspective didactique peut être précisée par l'approche instrumentale qui permet d'analyser comment un capteur intégré, d'abord utilisé comme artefact technique, devient un instrument d'apprentissage dans l'activité de l'élève. Selon l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), un artefact devient instrument à travers un processus de genèse instrumentale articulant instrumentation et instrumentalisation. L'instrumentation renvoie aux transformations de l'activité de la personne apprenante sous l'effet de l'artefact, plus précisément à la médiation épistémique du savoir (de l'instrument vers la personne apprenante) — dans laquelle l'outil structure l'accès au phénomène et sa représentation — et à la médiation pragmatique (de la personne apprenante vers l'instrument) — qui concerne les actions rendues possibles par l'instrument (ex. : lancer une acquisition de mesures, etc.). Les différentes formes de mobilisation des capteurs peuvent ainsi être comprises comme des configurations distinctes de médiation épistémique et pragmatique, influençant différemment la transposition didactique. Pour sa part, l'instrumentalisation renvoie aux transformations de l'artefact par la personne apprenante, qui s'approprie l'outil (Trouche, 2005), et par la personne enseignante, qui médiatise la tâche à travers l'outil (Rézeau, 2001) (ex. : choix des applications, paramétrage, planification de la tâche, etc.). Ces deux processus, l'instrumentation et l'instrumentalisation, participent à la transposition didactique et permettent de décrire des usages didactiques du numérique en articulant l'intention didactique de la personne enseignante et l'appropriation du savoir par l'entremise de l'instrument.

Cette articulation gagne alors à être située dans le cadre plus large de la transposition didactique. Dans la transposition didactique (Chevallard, 1985), un savoir issu des pratiques scientifiques est transformé pour devenir un savoir à enseigner, puis un savoir effectivement enseigné et appris (Thouin et Abou Halloun, 2023). L'introduction d'un instrument de mesure peut contribuer à reconfigurer cette transposition en modifiant les conditions de médiation épistémique du savoir et de médiation pragmatique, notamment la nature des données produites, les registres de représentation mobilisés, la place accordée à la mesure, etc. La transposition didactique ne concerne alors plus seulement la sélection

des contenus, mais également l'organisation des opérations épistémiques rendues possibles ou masquées par l'artefact. La mobilisation d'un capteur peut ainsi relever d'une simple substitution instrumentale ou entraîner une reconfiguration plus profonde des conditions de construction et de validation du savoir.

## Méthodologie

À notre connaissance, aucune synthèse n'a été conduite à ce jour sur l'intégration didactique de capteurs intégrés de technologies mobiles dans l'enseignement des STIM. Nous avons donc choisi de mener une revue de la portée afin d'analyser les formes de mobilisation didactique et les conditions de médiation associées à leur intégration. Pour produire une synthèse des connaissances sur un tel sujet, nous avons suivi les lignes directrices du PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) formulées par Moher et al. (2009) et actualisées par Page et al. (2021). Le choix de structurer notre revue selon les exigences du PRISMA permet d'assurer une démarche rigoureuse, reproductible et limitant les biais de sélection. Ainsi, conformément à PRISMA, notre revue s'est déroulée en trois phases successives — l'identification, la sélection et l'inclusion — explicitée à la Figure 1.

**Figure 1.***Diagramme PRISMA*

En ce qui a trait à la première étape (identification), nous avons commencé par formuler la question de recherche suivante : *Comment les capteurs intégrés aux technologies mobiles sont-ils mobilisés dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM ?* Nous avons exploré six bases de données en nous limitant aux articles revus par les pairs, publiés en français ou en anglais entre 2014 et 2025. Ces bases de données sont *Scopus*, *Web of Science*, *Academic Search Complete*, *Education Source*, *ERIC* et *Education Database*. La période 2014-2025 a été retenue afin de couvrir les dix dernières années de publications, en cohérence avec l'objectif d'établir un portrait actuel des mobilisations en contexte scolaire.

La syntaxe de recherche a combiné différents mots-clés afin de croiser les concepts de téléphones et technologies mobiles, de capteurs, de STIM et d'enseignement-apprentissage en contexte scolaire (en anglais et en français). Le Tableau 1 présente les mots-clés recherchés et la chaîne de recherche. Les opérateurs de recherche ont été ajustés pour chaque base de données selon leurs spécificités.

**Tableau 1.**

*Mots-clés recherchés et chaîne de recherche*

|                                |                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sujet 1 (S1)</b>            | Telephon* OR phone* OR smartphone* OR "mobile device*" OR<br>iphone* OR "Handheld Device*" OR cellphone*                                                                                                           |
| <b>Sujet 2 (S2)</b>            | capteur* OR senseur* OR sensor* OR accelerome* OR gyroscope*<br>OR magnetome* OR microphone OR barome*                                                                                                             |
| <b>Sujet 3 (S3)</b>            | (Science* OR STEM OR math* OR physic* OR chemist* OR<br>technolog* OR engineer* OR motion OR acceleration OR<br>kinematic* OR velocit* OR acousti* OR optic OR geolog* OR<br>magnetism OR pressure OR spectroscop* |
| <b>Sujet 4 (S4)</b>            | learn* OR pedago* OR appren* OR didacti* OR educa* OR teach*<br>OR instruct* OR stud* OR "conceptual understanding" OR<br>knowledge* OR experiment*                                                                |
| <b>Sujet 5 (S5)</b>            | ((high OR upper OR lower OR second* OR intermediate OR<br>middle OR elementa* OR prima*) NEAR/1 school*) OR<br>undergraduat* OR college OR "higher education" OR universit* OR<br>classroom*                       |
| <b>Chaîne de<br/>recherche</b> | S1 AND S2 AND (S3 NEAR/5 S4) AND S5                                                                                                                                                                                |

Cette recherche a permis d'identifier 485 articles : 183 dans *Scopus*, 90 dans *Web of Science*, 75 dans *Academic Search Complete*, 51 dans *Education Source*, 48 dans *ERIC* et 35 dans *Education Database*. Covidence, un logiciel collaboratif permettant la sélection des références en interjuges, a permis d'éliminer 244 doublons et nous avons retiré manuellement 5 doublons supplémentaires, laissant 236 articles pour l'étape du tri. Par la suite, trois articles supplémentaires ont été ajoutés au corpus par repérage manuel à partir des références des études retenues.

L'étape du tri (sélection) a été réalisée en double aveugle par deux auxiliaires de recherche, puis un chercheur a tranché en cas de désaccord. Notre recherche s'est limitée aux capteurs internes des technologies mobiles, c'est-à-dire ceux qui sont intégrés par défaut dans la majorité des appareils (accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, capteur de luminosité ambiante, microphone et caméra). Certains capteurs, comme le baromètre ou le capteur LiDAR (Light Detection and Ranging), bien qu'étant spécifiques à certains modèles, ont été inclus bien qu'ils ne se retrouvent pas dans toutes les technologies mobiles. Pour effectuer le tri, nous avons appliqué des critères d'inclusion préétablis. Ont été inclus les articles qui :

- Concernent des personnes apprenantes ou des personnes enseignantes (du primaire à l'université) ;
- Présentent des résultats d'une expérimentation en STIM ;
- Décritent une mise à l'essai (et non seulement un prototype) ;
- Mobilisent des capteurs internes à la technologie mobile ;
- Présentent des résultats empiriques sur l'apprentissage ou l'enseignement.

Les 236 articles ont d'abord été examinés sur la base du titre et du résumé. À cette étape, 187 articles ont été exclus, principalement parce qu'ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion. Ainsi, 49 articles ont été retenus pour une lecture complète. De ce nombre, 24 articles ont été exclus pour les raisons suivantes :

- 10 ne portaient pas sur l'apprentissage ou l'enseignement ;
- 5 présentaient une expérimentation non testée avec des personnes apprenantes ;
- 4 utilisaient des capteurs externes ;
- 2 étaient rédigés dans une langue autre que le français ou l'anglais ;

- 2 articles ont été exclus parce qu'ils n'impliquaient pas d'expérimentation en STIM (ex. : prendre en photo le tableau avec la caméra) ;
- 1 ne présentait pas de résultats empiriques.

Ainsi, 25 articles ont finalement été retenus pour le codage des données, réalisé par un étudiant avec validation par un chercheur. Pour chaque article, une analyse de contenu thématique mixte a été menée sur les sections traitant des résultats et de la discussion (Paillé et Mucchielli, 2021). Elle reposait sur des thèmes issus de la perspective didactique de notre cadre théorique tout en laissant place à l'émergence de nouveaux codes en cours d'analyse.

Les études ont été menées en Europe (13/25), en Asie (8/25) — principalement à Taiwan (5/25) parfois par les mêmes personnes autrices — et en Amérique du Nord (4/25). Les articles décrivent des mises à l'essai auprès de personnes apprenantes du primaire (n=5), secondaire (n=11) et universitaire (n=12), incluant parfois des mises à l'essai interordre. Les protocoles relèvent de démarches variées (recherche de développement, expérimentale, quasi-expérimentale, recherche-intervention, etc.). Des articles ne spécifient pas le type de recherche, mais décrivent la méthode et les outils de collecte. Les études utilisent des pré-tests et post-tests, des questionnaires, des sondages, des observations et des entrevues, ainsi que des rapports de laboratoire, des examens, des discussions de groupe, des commentaires de personnes enseignantes, des devoirs et exercices. Les disciplines STIM concernées sont majoritairement les sciences, particulièrement la physique. Deux études portent sur les mathématiques, une sur l'ingénierie, aucune sur la technologie comme objet d'étude, les technologies mobiles étant utilisées comme outil d'expérimentation.

## **Présentation des résultats**

La présentation des résultats est divisée en trois sections : 1) portrait général des articles recensés, 2) typologie des usages didactiques des capteurs intégrés des technologies mobiles, et 3) résultats associés à chaque usage.

### **Portrait général des articles recensés**

Pour les 25 articles retenus, le Tableau 2 présente la référence et le lieu de l'étude, le type de recherche, l'ordre d'enseignement, les disciplines STIM concernées, les capteurs utilisés et décrit la mobilisation (contexte, intention et activité).

**Tableau 2.***Portrait général de la mobilisation des capteurs intégrés aux technologies mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage des STI*

| Personnes autrices                   | Type de recherche/Outil(s) de collecte de données                                                      | Ordre d'enseignement | Discipline(s) STIM                          | Capteur(s) intégré(s)         | Contexte et modalités                   | Intention didactique ou pédagogique                                                                               | Type d'activité proposée                                                                    |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| [1] Bursztyn et al., 2017/États-Unis | Recherche et développement/sondage (démographique), sondage (intérêt), questionnaire sur la géoscience | Universitaire        | Sciences (géosciences)                      | Accéléromètre, gyroscope, GPS | À l'extérieur (terrain de l'université) | Améliorer l'expérience d'apprentissage                                                                            | Excursions en réalité augmentée sur le grand canyon                                         |
| [2] Carter et Kilb, 2022/États-Unis  | Expérimentale qualitative/observation                                                                  | Universitaire        | Sciences (géophysique)                      | Accéléromètre                 | À l'extérieur (endroits variés)         | Améliorer la compréhension à long terme, instiller la curiosité scientifique et l'esprit d'équipe                 | Prise de mesure collective de la vitesse des ondes sismiques                                |
| [3] De Luca et al., 2020/Italie      | Expérimentale et théorique/entrevue, pré-test, post-test                                               | Universitaire        | Sciences (physique mécanique), mathématique | Microphone, caméra            | En classe                               | Améliorer la compréhension des séries convergentes infinies et ses applications sur des problèmes physiques réels | Prise de mesure du phénomène de rebond pour la comparaison des séries théoriques et réelles |
| [4] Hochberg et al., 2018/Allemagne  | Quasi-expérimentale à mesures répétées/pré-test, post-test                                             | Secondaire           | Sciences (Physique mécanique)               | Accéléromètre                 | En classe                               | Étudier l'impact de l'utilisation de la technologie mobile sur la compréhension,                                  | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule)                                           |

|                                    |                                                                                      |                             |                               |                                            |                                                    |                                                                                         | l'intérêt et la motivation                                                                                                                                            |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [5] Hoshino et al., 2019/Japon     | Recherche et développement/Pré-test, post-test                                       | Secondaire et universitaire | Sciences (Physique mécanique) | Accéléromètre, capteur distance par caméra | En classe                                          | Développer une compréhension plus intuitive                                             | Prise de mesure d'un objet en mouvement sur un plan incliné                                                                                                           |
| [6] Hwang et al., 2021/Taiwan      | Recherche et développement/pré-test, post-test, questionnaires, entrevues            | Primaire                    | Mathématique                  | Caméra, gyroscope                          | En classe                                          | Améliorer le développement cognitif et la motivation par l'étude de problèmes réels     | Mesurer des angles dans l'environnement immédiat                                                                                                                      |
| [7] Juskaite et al., 2019/Lettonie | Quantitative/sondage, observation, discussions de groupe, questionnaires             | Secondaire                  | Sciences (physique)           | Plusieurs capteurs (non spécifiques)       | Plusieurs contextes et modalités (non spécifiques) | Étudier les impacts de l'usage des technologies mobiles                                 | Interventions variées                                                                                                                                                 |
| [8] Kaps et al., 2021/Allemagne    | Non spécifié/exercices, rapports de laboratoire                                      | Universitaire               | Sciences (physique mécanique) | Gyroscope, accéléromètre                   | À distance (à la maison)                           | Améliorer la compréhension et renforcer le lien théorie-expérience                      | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule)                                                                                                                     |
| [9] Kim et al., 2015/États-Unis    | Recherche-intervention/observation, commentaires des personnes enseignantes, devoirs | Primaire                    | Sciences, Ingénierie          | Caméra, gyroscope                          | En classe                                          | Améliorer la créativité des élèves et leur attitude face à l'apprentissage des sciences | Résolution de problème complexe (mesure de la vitesse, état d'équilibre, maximiser le l'énergie cinétique) par l'entremise d'une démarche technologique (prototypage) |

|                                         |                                                                           |                             |                                          |                                         |                                   |                                                                                                                                                               |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [10] Luo, 2023/Chine                    | Non spécifié/questionnaire, rapports de laboratoire                       | Collège                     | Sciences (physique mécanique et optique) | GPS, accéléromètre, luxmètre, gyroscope | À distance (contexte de pandémie) | Rendre possible la réalisation d'expériences scientifiques                                                                                                    | Prise de mesure de divers phénomènes physiques (pendule, moment d'inertie, ondes, loi de Malus)                          |
| [11] Ma'ruf et al., 2024/Indonésie      | Recherche et développement/observation, questionnaire, test de littératie | Universitaire               | Sciences (physique mécanique)            | Microphone, accéléromètre               | En classe                         | Développer des laboratoires basés sur le « virtual android observatory » pour améliorer la littératie numérique des futurs personnes enseignantes de physique | Prise de mesure de divers phénomènes physiques (gravité, chute libre, effet Doppler)                                     |
| [12] Martin-Ramos et al., 2017/Portugal | Non spécifié/observation, discussion, sondage                             | Secondaire et universitaire | Sciences (physique mécanique)            | Caméra                                  | En classe                         | Permettre aux élèves d'utiliser la technologie mobile et améliorer la logique                                                                                 | Capture et analyse d'images présentant la trajectoire d'un objet                                                         |
| [13] Mathevet et al., 2022/France       | Non spécifié/sondage, discussion                                          | Universitaire               | Sciences (physique mécanique)            | Accéléromètre                           | À distance (contexte de pandémie) | Comprendre le modèle théoriques et ses imperfections                                                                                                          | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule)                                                                        |
| [14] Mazzella et Testa, 2016/Italie     | Non spécifié/pré-test, post-test, questionnaires                          | Secondaire                  | Sciences (physique mécanique)            | Accéléromètre                           | En classe                         | Étudier l'impact de l'utilisation de la technologie mobile sur la compréhension                                                                               | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule et plan incliné) par l'entremise d'un cycle prédire-observer-expliciter |

|                                         |                                                                                    |               |                                 |                                  |                                   | du concept<br>d'accélération                                                                               |                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [15] Munoz-Guijosa et al., 2019/Espagne | Non spécifié/sondage (quantitatif et qualitatif)                                   | Universitaire | Ingénierie                      | Microphone                       | Non spécifié                      | Améliorer l'engagement                                                                                     | Prise de mesure d'un phénomène acoustique                                                                                  |
| [16] Organtini et al., 2022/Italie      | Non spécifié/questionnaires, sondage                                               | Universitaire | Sciences (physique mécanique)   | Accéléromètre, gyroscope         | À distance (contexte de pandémie) | Donner plus d'espace aux étudiants afin qu'ils puissent prendre davantage de décisions                     | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule)                                                                          |
| [17] Pirinen et al., 2024/Finlande      | Non spécifié/questionnaires                                                        | Universitaire | Sciences (physique ondulatoire) | Accéléromètre                    | À distance (à la maison)          | Développer une compréhension intuitive de la transformée de Fourier et comprendre ses applications réelles | Prise de mesure des vibrations d'objets quotidiens dans le but d'étudier la transformée de Fourier en contexte authentique |
| [18] Purba et Hwang, 2017/Taiwan        | Recherche et développement/pré-test, post-test, questionnaires, entrevues          | Secondaire    | Sciences (physique mécanique)   | Accéléromètre                    | En classe                         | Améliorer la compréhension du pendule simple                                                               | Prise de mesure d'un phénomène physique (pendule)                                                                          |
| [19] Purba et al., 2019/Taiwan          | Recherche et développement/pré-test, post-test, questionnaires, entrevues, examens | Secondaire    | Sciences (physique mécanique)   | Accéléromètre                    | En classe et à l'extérieur        | Favoriser une compréhension de la physique plus efficace et efficiente                                     | Prise de mesure d'un plan incliné idéal (en laboratoire) et réel (pente sur le terrain de l'école)                         |
| [20] Tarng et al., 2016/Taiwan          | Recherche et développement/pré-test, post-test, questionnaires, entrevues, examens | Primaire      | Sciences (astronomie)           | Accéléromètre, GPS, magnétomètre | En classe                         | Améliorer l'attention et la compréhension à long terme                                                     | Observation des phases lunaires au travers de l'écran d'une tablette                                                       |

|                                     |                                                                                    |                 |                                              |                                                                                           |                                   |                                                                                                                |                                                                                                                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [21] Tarng et al., 2018/Taiwan      | Recherche et développement/pré-test, post-test, questionnaires, entrevues, examens | Primaire        | Sciences (astronomie)                        | Accéléromètre, GPS, magnétomètre                                                          | En classe                         | Permettre à l'élève d'apprendre par la pratique                                                                | Observation de la trajectoire du soleil au travers de l'écran d'une tablette                                                             |
| [22] Tsoukos et al., 2021/Grèce     | Expérimentale quantitative/rapports de laboratoire, examens                        | Secondaire      | Sciences (physique mécanique)                | Accéléromètre, gyroscope                                                                  | En classe                         | Étudier la capacité des élèves à utiliser le téléphone pour effectuer des laboratoires                         | Prise de mesure d'un phénomène physique (plan incliné)                                                                                   |
| [23] Tzamalīs et al., 2021/Grèce    | Recherche et développement/rapports de laboratoire, questionnaires                 | Secondaire      | Sciences (physique mécanique et ondulatoire) | Microphone                                                                                | À distance (contexte de pandémie) | Rendre possible la réalisation d'expériences scientifiques                                                     | Prise de mesure de phénomènes physiques (chute libre, fréquence, vitesse du son)                                                         |
| [24] Vieyra et al., 2020/États-Unis | Non spécifié/observations                                                          | Tous les ordres | Sciences (physique)                          | Accéléromètre, microphone, luxmètre, magnétomètre, capteur distance par caméra, baromètre | Contextes variés                  | Améliorer l'attitude face à l'apprentissage des sciences et renforcer la motivation                            | Réalisation de diverses expériences ludiques sur la physique                                                                             |
| [25] Kuhn et Vogt, 2015/Allemagne   | Quasi-expérimentale à mesures répétées/pré-test, post-test, examen                 | Secondaire      | Sciences (physique ondulatoire)              | Microphone                                                                                | En classe                         | Améliorer la compréhension et la motivation des élèves grâce au caractère authentique de la technologie mobile | Prise de mesure d'un signal sonore afin d'en étudier la fréquence, le type, la vitesse et la propagation organisé sous forme de stations |

### *Caractéristiques de la mobilisation des capteurs intégrés*

Les capteurs mobilisés et leurs occurrences sont : accéléromètre (n=17), gyroscope (n=7), GPS (n=4), luxmètre (n=2), magnétomètre (n=3), baromètre (n=1), microphone (n=6), capteur de distance par caméra (n=2), caméra (n=4), une étude utilisant divers capteurs. Les applications mobiles utilisées et leurs occurrences sont les suivantes : *Phyphox* (n=6), *Sparkvue* (n=3), *Ubiquitous-Physics* (n=2), et plusieurs autres applications, chacune utilisée une seule fois. Elles présentent des fonctionnalités variées (acquisition de données en temps réel, analyse graphique, capture vidéo, etc.). Les contextes sont variés : en classe (n=14), à l'extérieur (n=3), à distance (n=6), notamment en contexte pandémique ou en devoir. Deux études portent sur des contextes variés, une ne précise pas le contexte.

Les intentions des personnes autrices des articles recensés se regroupent en deux catégories. Les intentions didactiques visent l'amélioration de la compréhension des concepts scientifiques, le lien théorie–expérimentation, la compréhension intuitive en contexte authentique, le développement de capacités d'analyse, de la littératie numérique, du jugement critique, et la prise en compte de la précision et des limites des données, ainsi que la possibilité d'expériences en contexte pandémique. Les intentions pédagogiques concernent la motivation, l'intérêt et l'engagement des élèves, le développement de la logique et de la créativité, des attitudes positives face aux sciences, ainsi que le soutien à l'autonomie, à l'attention et au travail d'équipe. Les activités recensées portent surtout sur la prise de mesures de phénomènes physiques à l'aide de technologies mobiles : étude du mouvement, des ondes et des vibrations, de la gravité, du moment d'inertie, de la loi de Malus, des mesures d'angles, de la captation vidéo et de l'analyse cinématique, en laboratoire ou en contexte réel, individuellement ou collectivement. Un second type d'activités comprend des observations médiatisées par dispositifs numériques (phénomènes astronomiques, réalité augmentée) et des démarches expérimentales structurées incluant des cycles prédire–observer–expliquer, résolution de problèmes par prototypage, mesures collectives et stations expérimentales.

### **Typologie des usages didactiques des capteurs intégrés**

Notre analyse visait à dépasser une description purement instrumentale des dispositifs pour dégager des usages didactiques, entendus comme des manières récurrentes de mobiliser les capteurs au regard des intentions d'enseignement et des conditions de médiation par lesquelles le savoir scientifique en STIM devient accessible, manipulable et interprétable pour la personne apprenante via l'instrument. La distinction entre les usages a été établie à partir de la fonction didactique attribuée aux capteurs dans les articles analysés. Nous n'avons donc pas seulement considéré le type de capteur, l'application utilisée ou le

phénomène étudié, mais surtout la manière dont le dispositif contribue à l'activité d'enseignement et d'apprentissage, notamment lorsqu'il soutient l'accès à un phénomène, la production de données, leur représentation, leur interprétation ou la construction d'un savoir disciplinaire. Notre analyse a ainsi conduit à l'élaboration d'une typologie des usages didactiques des capteurs intégrés, structurée autour de quatre catégories : levier à la prise de mesure (n=7), levier à la conceptualisation et à l'apprentissage (n=9), levier à l'exploration (n=8) et levier à l'accès à l'expérimentation (n=7). Chaque article a été associé à l'usage ou aux usages auxquels correspondait le mieux sa mobilisation. Lorsqu'une étude mobilisait de manière significative deux usages, elle a été classée dans les deux catégories. Le classement des études est disponible dans le Tableau 3.

**Tableau 3.***Regroupement des articles en fonction des usages didactiques identifiés*

| Personnes autrices, année de publication | la prise de mesure | Levier à...          |               |                             |
|------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|
|                                          |                    | la conceptualisation | l'exploration | l'accès à l'expérimentation |
| [1] Bursztyn et al., 2017                |                    |                      | X             | X                           |
| [2] Carter et Kilb, 2022                 | X                  |                      |               | X                           |
| [3] De Luca et al., 2020                 | X                  |                      |               |                             |
| [4] Hochberg et al., 2018                | X                  |                      |               |                             |
| [5] Hoshino et al., 2019                 | X                  |                      |               |                             |
| [6] Hwang et al., 2021                   |                    | X                    | X             |                             |
| [7] Juskaite et al., 2019                |                    | X                    |               |                             |
| [8] Kaps et al., 2021                    |                    | X                    |               |                             |
| [9] Kim et al., 2015                     |                    |                      | X             |                             |
| [10] Luo, 2023                           |                    |                      |               | X                           |
| [11] Ma'ruf et al., 2024                 |                    | X                    |               |                             |
| [12] Martin-Ramos et al., 2017           | X                  |                      |               |                             |
| [13] Mathevet et al., 2022               |                    |                      |               | X                           |
| [14] Mazzella et Testa, 2016             |                    | X                    |               |                             |
| [15] Munoz-Guijosa et al., 2019          |                    | X                    |               |                             |
| [16] Organtini et al., 2022              |                    | X                    |               |                             |
| [17] Pirinen et al., 2024                |                    | X                    | X             |                             |
| [18] Purba et Hwang, 2017                |                    | X                    |               |                             |
| [19] Purba et al., 2019                  |                    |                      | X             |                             |
| [20] Tarng et al., 2016                  |                    |                      | X             | X                           |
| [21] Tarng et al., 2018                  |                    |                      | X             | X                           |
| [22] Tsoukos et al., 2021                | X                  |                      |               |                             |
| [23] Tzamalīs et al., 2021               |                    |                      |               | X                           |
| [24] Vieyra et al., 2020                 |                    |                      | X             |                             |
| [25] Kuhn et Vogt, 2015                  | X                  |                      |               |                             |

## Présentation des résultats associés à chaque usage

La section suivante présente, pour chaque usage, les principaux résultats rapportés dans les études, en privilégiant les effets didactiques liés à la médiation, à l'interprétation et à la construction du savoir.

### *Levier à la prise de mesure ( $n = 7$ [2, 3, 4, 5, 12, 22, 25])*

Cet usage regroupe les études dans lesquelles les instruments de mesure traditionnels sont remplacés par les capteurs des téléphones mobiles pour produire des mesures équivalentes à celles obtenues avec un instrument traditionnel sans qu'il n'y ait modification importante à la démarche d'investigation proposée à la personne apprenante. Les capteurs intégrés sont principalement mobilisés pour prendre des mesures physiques (ex. : accélération, angle, son), prendre des mesures collectives d'un même phénomène ou prendre en vidéo un phénomène à analyser sur l'application par la suite.

Les résultats indiquent une **charge cognitive** faible ou comparable avec celle observée avec des instruments de mesure traditionnels. Selon les personnes autrices, cela s'explique par un équilibre entre la simplification de la prise de mesure grâce au numérique et la complexification liée à l'usage d'un nouvel appareil technologique [4]. Les résultats indiquent des bénéfices au niveau des **habiletés de laboratoire**, notamment la compréhension de l'importance des quantités physiques [5]. Toutefois, même avec la technologie mobile, les élèves du secondaire tendent à mesurer les angles à la base du plan incliné — comme ils l'auraient fait avec un rapporteur d'angles — sans avoir le réflexe de prendre des mesures d'angles dans toutes les directions, ce qui est rendu possible par le téléphone mobile [22]. Par rapport à la **littératie numérique** liée à l'utilisation des technologies mobiles, une étude indique que les élèves n'éprouvent aucune difficulté [4] et un article indique que 70 % des élèves se sentaient confiants de pouvoir mener à bien l'expérience [5]. Un article [2] insiste sur le caractère hasardeux de la prise de mesure collective et mentionne que les personnes étudiantes ont des difficultés avec le système destiné à la mise en commun des données. Sur le plan de la **conceptualisation**, une étude souligne qu'aucune différence sur la capacité à interagir avec les représentations abstraites n'est dénotée [4], résultats que les personnes autrices attribuent aux représentations multiples lors de l'utilisation des technologies mobiles qui complexifient cette interaction. Une majorité d'élèves (70 %) a estimé mieux comprendre le sens des graphiques après l'expérimentation [5]. L'utilisation du téléphone mobile aiderait les élèves à comprendre les séries infinies en mathématique et en physique [3]. Des études démontrent que les **résultats académiques** des groupes expérimentaux augmentent avec l'utilisation des technologies mobiles [5] et [25], tandis qu'une étude indique qu'ils demeurent inchangés

[4], ce que les personnes autrices expliquent par le fait que le protocole était identique dans le groupe témoin et le groupe expérimental.

*Levier à la conceptualisation et à l'apprentissage (n = 9 [6, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 18])*

Cet usage regroupe les études où la technologie mobile permet de mieux conceptualiser en améliorant les passages entre l'abstrait et le concret, en renforçant le lien entre la théorie pratique et en soutenant l'interprétation graphique. Cet usage inclut les situations où la technologie mobile permet de visualiser un phénomène d'une nouvelle façon (ex. : réalité augmentée), renforce l'apprentissage actif et la littératie numérique.

Une étude affirme que la technologie mobile permet aux personnes apprenantes de développer les **habiletés de laboratoire** et de recherche en les amenant à travailler davantage comme des scientifiques [7]. Une étude souligne que les personnes apprenantes sont en mesure d'inventer et de construire leur propre protocole de laboratoire en intégrant les capteurs intégrés du téléphone mobile [11]. Plusieurs études soutiennent que les technologies mobiles soutiennent la **conceptualisation** [6], [8], [14], [17], [18]. Des études soutiennent que l'augmentation de la compréhension peut être expliquée par le lien plus explicite entre la réalité et l'expérience rendu possible par les technologies mobiles [6], [8], [17]. La prise de mesure d'angles en situation authentique permettrait aux élèves de mieux visualiser le concept d'horizon et les angles en général grâce à l'imagination de lignes fictives en contexte réel [6]. Les élèves participant à une expérience de plan incliné avec la technologie mobile sont davantage capables de tracer des vecteurs d'accélération que ceux dans le groupe contrôle [14], ce que les personnes autrices expliquent par le fait que l'instrument de mesure est également l'objet sur lequel les mesures sont prises — c'est le téléphone qui mesure des données issues de sa propre descente sur le plan incliné. Il y aurait également une corrélation positive entre la capacité à interpréter des graphiques à la suite d'une expérimentation avec la technologie mobile et celle à appliquer des formules [18]. Chez les élèves ayant de faibles résultats scolaires, une étude rapporte de l'insécurité lorsque vient le temps de prendre des décisions au cours de l'expérimentation [16]. Des résultats indiquent que, en ce qui a trait à l'utilisation des technologies mobiles, environ le quart des élèves a une faible ou très faible **littératie numérique**, tandis que les trois quarts en ont une bonne ou une très bonne [11]. Une étude souligne que l'introduction du téléphone mobile pour prendre des mesures n'a pas entraîné d'enjeu par rapport à l'utilisation de la technologie et que les personnes apprenantes se sont concentrées sur l'interprétation des données [16]. Une autre étude souligne, quant à elle, que certaines équipes peinent à s'entendre sur l'interprétation des graphiques en raison de différences entre élèves plus ou moins à l'aise avec les graphiques et d'un manque d'expérience avec

le travail d'équipe [18]. Si certaines études observent une amélioration des **résultats académiques** [6], [15], [17], [18], d'autres n'observent aucune amélioration [14] et [16], bien qu'une compréhension des phénomènes étudiés plus approfondie et des conclusions mieux argumentées aient été remarquées [16]. Une étude observe également une diminution des résultats dans le groupe expérimental [8], la personne autrice rappelant toutefois que la tâche expérimentale était plus complexe que celle du groupe témoin comme les élèves devaient faire l'expérimentation à la maison en devoir.

*Levier à l'exploration (n = 8 [1, 6, 9, 17, 19, 20, 21, 24])*

Cet usage regroupe les articles où la technologie mobile est utilisée pour explorer l'environnement. Cela inclut les expériences avec la réalité augmentée pour explorer des environnements lointains ou encore les expériences où la prise de mesure se réalise en contexte authentique, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur. L'usage regroupe également les activités d'apprentissage où est mise de l'avant la résolution de problèmes ouverts et complexes et la résolution de défis scientifiques.

Des études montrent que la technologie mobile soutient l'apprentissage en **situation authentique** avec la prise de mesure d'objets réels [6], [17], [19], [21]. Dans une étude, les personnes apprenantes étudient la transformée de Fourier en investiguant les vibrations d'objets réels [17]. Dans une autre, les élèves se déplacent dans la classe pour mesurer des angles d'objets réels à partir de la caméra de leur tablette [6], ce qui, selon les personnes autrices, favorise le développement des habiletés cognitives de haut niveau, bien que les personnes apprenantes éprouvent des difficultés à identifier des angles dans leur environnement. Une étude ajoute qu'après l'investigation d'un objet réel qui fait partie du quotidien, l'élève se remémore plus facilement l'apprentissage quand celui-ci entre de nouveau en contact avec l'objet [19]. Une étude soutient que l'apprentissage situé comme l'observation des astres en réalité augmentée donne du sens à l'astronomie [21]. Des études expliquent des impacts positifs sur la **conceptualisation** par le renforcement du lien entre la réalité et la théorie [6], [9], [17] et [19]. Quand les élèves réalisent que les conditions réelles sont imparfaites, ils utilisent leur jugement critique pour trouver une solution [19]. La conceptualisation serait également renforcée avec la comparaison de données diverses (ex. : la position du soleil pendant chaque saison) [21]. La présentation de défis scientifiques nécessitant une technologie mobile contribuerait à l'acquisition de concepts en physique, et ce même chez les jeunes enfants [24]. En matière de **littératie numérique**, les études montrent que les personnes apprenantes n'éprouvent généralement pas de difficulté à utiliser les technologies mobiles dans les contextes expérimentaux ciblés [9], y compris chez de jeunes enfants [24], sauf lorsque l'activité implique des exigences

conceptuelles spécifiques, comme la définition des angles à mesurer sur des objets réels [6]. Des études révèlent que les **résultats scolaires** ont augmenté de manière significative dans le groupe expérimental [6], [19], [20], [21], et des personnes autrices ajoutent que les apprentissages seront plus durables [20].

#### *Levier à l'accès à l'expérimentation (n = 7 [1, 2, 10, 13, 20, 21, 23])*

Cet usage regroupe les articles où la technologie mobile est utilisée pour surmonter une contrainte limitant les possibilités expérimentales comme la pandémie de COVID-19, les conditions météorologiques, la distance, les coûts ou les limitations matérielles.

Une amélioration des **habiletés de laboratoire** est perçue chez un peu plus du tiers des personnes étudiantes et l'utilisation de la technologie mobile encouragerait la prise de mesures répétées [10]. Concernant la **littératie numérique**, des études montrent que les élèves trouvent facile l'utilisation des technologies mobiles dans le cadre de leur expérimentation [20] et [23]. Une étude souligne également le caractère hasardeux de la prise de mesures collectives et précise que la mise en commun des données représente un défi pour les personnes étudiantes [2]. Par rapport aux **résultats scolaires**, une étude souligne que les personnes apprenantes ayant suivi un cours de physique à domicile en effectuant les expériences avec leurs téléphones mobiles ont tous réussi le cours [10].

## **Discussion**

Cette revue de la portée visait à comprendre comment les capteurs intégrés aux technologies mobiles sont mobilisés dans l'enseignement et l'apprentissage des STIM. Les résultats ont permis de dégager quatre usages didactiques distincts, soit 1) levier à la prise de mesure, 2) levier à la conceptualisation et à l'apprentissage, 3) levier à l'exploration ainsi que 4) levier à l'accès à l'expérimentation. Interprétés à la lumière de l'approche instrumentale de Rabardel (1995), ces usages didactiques correspondent à des configurations distinctes de la genèse instrumentale articulant instrumentation et instrumentalisation. Ces usages appellent également à des reconfigurations variables de la transposition didactique.

Lorsque le capteur sert essentiellement à remplacer un instrument traditionnel sans reconfigurer la démarche d'investigation, cette mobilisation du capteur est un **levier à la prise de mesure**. L'expérience sur le pendule (Hochberg et al., 2018) et celle sur le plan incliné (Tsoukos et al., 2021) illustrent ce type d'usage didactique en ce sens où l'accéléromètre est utilisé pour prendre des mesures semblables à celles obtenues avec un

instrument de mesure traditionnel. En d'autres termes, les schèmes d'action associés à l'instrument traditionnel demeurent inchangés comme l'illustre l'exemple des élèves qui continuent de mesurer l'angle à la base du plan incliné malgré les possibilités offertes par le capteur (Tsoukos et al., 2021). Ces résultats montrent que l'artefact peut simplifier des opérations sans transformer les manières de faire. Avec cet usage, la transposition didactique apparaît peu transformée, l'outil modifiant les aspects techniques liés à la collecte de données sans reconfigurer la médiation épistémique associée à la construction et à la validation du savoir.

La mobilisation du capteur devient un **levier à la conceptualisation et à l'apprentissage** lorsqu'il y a reconfiguration de la médiation épistémique du savoir. Plusieurs études associent cet usage didactique à un renforcement des passages entre le concret et l'abstrait, notamment par la production et l'interprétation de représentations graphiques. L'expérience du plan incliné étudiée par Mazzella et Testa (2016) illustre cette situation en ce sens où le téléphone constitue à la fois l'objet en mouvement et l'instrument de mesure, ce qui rend plus immédiate la relation entre l'expérience vécue et les grandeurs physiques formalisées symboliquement. Au même titre, le fait de mesurer des angles dans l'environnement réel (Hwang et al., 2021) permet de rendre plus concrètes les notions géométriques. Ces situations montrent que l'intérêt didactique réside moins dans la précision de la mesure que dans la possibilité, offerte par la technologie mobile, d'aligner de façon cohérente le phénomène, les données et la représentation. Toutefois, ces situations reposent sur des conditions d'instrumentalisation particulières qui nécessitent davantage de guidage, particulièrement chez les personnes apprenantes qui ont des difficultés à interpréter les graphiques ou à prendre des décisions expérimentales. En d'autres termes, l'artefact ne garantit pas en soi la conceptualisation, mais ouvre de nouvelles possibilités de médiation épistémique.

Le **levier à l'exploration** met en évidence une reconfiguration du rapport au milieu. Dans ces situations, l'outil sert davantage à investiguer l'environnement ou des phénomènes du quotidien plutôt qu'à reproduire une expérience traditionnelle. L'étude des vibrations d'objets du quotidien — un appareil électroménager — pour comprendre la transformée de Fourier (Pirinen et al., 2024) ou l'observation de phénomènes astronomiques par réalité augmentée (Tarng et al., 2016, 2018) illustrent ce déplacement vers des situations authentiques caractérisées par la variabilité et l'imperfection des données. Cette mobilisation transforme ainsi le rapport au milieu en reconfigurant la médiation pragmatique dans la mesure où elle modifie les modes d'exploration et de validation des phénomènes. L'authenticité des situations d'apprentissage nécessite également un accompagnement des personnes apprenantes afin de soutenir le processus d'investigation.

Finalement, le **levier à l'accès à l'expérimentation** renvoie à des situations où les technologies mobiles permettent de surmonter des contraintes matérielles ou contextuelles. Les activités réalisées à domicile en contexte pandémique (Luo, 2023 ; Tzamalīs et al., 2021) illustrent une médiation pragmatique où les capteurs rendent possible la continuité de l'activité expérimentale en dehors du laboratoire scolaire. Toutefois, l'accès ne garantit pas la réussite des médiations, notamment lorsque la coordination des mesures ou la mise en commun des données devient difficile (Carter et Kilb, 2022).

Ainsi, nos résultats montrent que la mobilisation des capteurs intégrés reconfigure les conditions de la transposition didactique selon les usages observés. Ces résultats contribuent également à éclairer les réflexions actuelles sur la place des technologies mobiles à l'école. Au Québec, où le téléphone mobile est interdit en classe depuis la rentrée 2025, nos résultats invitent ainsi à distinguer l'usage personnel, souvent distrayant, du téléphone mobile de sa mobilisation dans une activité disciplinaire guidée en classe ou dans l'exploration de l'environnement par l'élève. Utilisées à des fins didactiques, ces technologies peuvent constituer des leviers pour soutenir un apprentissage qui ne serait pas possible par le seul recours aux sens humains, notamment lorsqu'elles rendent mesurables, visualisables et interprétables des phénomènes autrement difficiles d'accès.

### **Conclusion, limites et pistes pour la recherche**

Cette revue de la portée montre que la mobilisation des capteurs intégrés aux technologies mobiles en STIM participe à des usages différenciés de médiation du savoir scientifique et à des reconfigurations plus ou moins marquées de la transposition didactique. Nos résultats permettent d'affiner l'usage de la prise de mesure mis en lumière par Ubben et al. (2023) en le distinguant d'autres formes de mobilisation didactique des capteurs intégrés : leur rôle dans la conceptualisation, l'exploration de phénomènes en contexte authentique et l'accès à l'expérimentation lorsque celle-ci est autrement difficile à réaliser.

La typologie proposée constitue l'apport principal de l'étude en distinguant des mobilisations relevant de la substitution instrumentale, de la reconfiguration de la médiation épistémique, du déplacement du rapport au milieu et de la transformation des conditions d'accès à l'expérimentation. Elle offre ainsi un cadre pour penser l'intégration des technologies mobiles comme un ensemble d'usages didactiques (levier à la prise de mesure, levier à la conceptualisation et à l'apprentissage, levier à l'exploration, levier à l'accès à l'expérimentation) plutôt qu'uniquement comme une innovation technologique.

Cette revue présente toutefois certaines limites. La sélection s'est limitée aux articles publiés dans six bases de données, ce qui ne permet pas de prétendre à l'exhaustivité. L'hétérogénéité des devis et la prédominance de recherches en physique, souvent aux niveaux secondaire et universitaire, restreignent la portée des résultats à l'ensemble des disciplines STIM.

Les travaux futurs pourraient examiner comment certaines dimensions pédagogiques contribuent à reconfigurer les usages didactiques des capteurs intégrés, notamment lors de l'investigation de phénomènes réels. Une attention particulière pourrait être accordée à l'âge des élèves, puisque les usages possibles, les formes d'accompagnement nécessaires et les effets sur l'apprentissage pourraient varier selon le niveau scolaire et le développement des capacités d'abstraction, d'interprétation des données et d'autonomie dans l'expérimentation. Il resterait à déterminer de quelle manière ces dimensions influencent la genèse instrumentale. Enfin, l'intégration croissante d'outils d'intelligence artificielle dans les environnements mobiles conduit à interroger la manière dont ces dispositifs reconfigurent la transposition didactique, à travers l'émergence d'une médiation algorithmique susceptible de transformer les médiations épistémiques et pragmatiques ainsi que les interactions entre élèves, personnel enseignant et milieu.

## Références

- Bursztyn, N., Shelton, B., Walker, A. et Pederson, J. (2017). Increasing Undergraduate Interest to Learn Geoscience with GPS-based Augmented Reality Field Trips on Students' Own Smartphones. *GSA Today*, 27(6), 4–10. <https://doi.org/10.1130/GSATG304A.1>
- Carter, S. et Kilb, D. (2022). Flash mob science: From landmarks to love Hz. *EduQuakes*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1785/0220210285>
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage.
- De Luca, R., Di Mauro, M., Naddeo, A., Onorato, P. et Rosi, T. (2020). Achilles overtakes the turtle: experiments and theory addressing students' difficulties with infinite processes. *Physics Education*, 55(3), 035010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab6eb3>
- Hasni, A., Belletête, V. et Potvin, P. (2018). *Les démarches d'investigation scientifique à l'école : un outil de réflexion sur les pratiques de classe. Un outil de réflexion sur les pratiques de classe*. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences (CREAS) et Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie (CRIJEST). <http://hdl.handle.net/11143/20019>

- Hochberg, K., Kuhn, J. et Müller, A. (2018). Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 385–403. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9731-7>
- Hoshino, T., Ota, Y., Tomaru, K., Hamamatsu, Y. et Komuro, T. (2019). New Functions and Evaluation for Learning Effects of Acceleration Experiment Support Software. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 9(1), 213–218. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.1.8021>
- Hwang, W.-Y., Hariyanti, U., Abdillah, Y. A. et Chen, H. S. L. (2021). Exploring effects of geometry learning in authentic contexts using ubiquitous geometry app. *Educational Technology & Society*, 24(3), 13–28. <https://www.jstor.org/stable/27032853>
- Juskaite, L., Ipatovs, A. et Kapenieks, A. (2019). Mobile technologies in physics education in Latvian secondary schools. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(1), 187–196. <https://doi.org/10.21533/pen.v7.i1.1478>
- Kaps, A., Splith, T. et Stallmach, F. (2021). Implementation of smartphone-based experimental exercises for physics courses at universities. *Physics Education*, 56(3), 035004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abe424>
- Kim, P., Suh, E. et Song, D. (2015). Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom. *Education Technology Research and Development*, 63, 575–602. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9376-7>
- Kuhn, J. et Vogt, P. (2015). Smartphones & Co. in physics education: Effects of learning with new media experimental tools in acoustics. Dans W. Schnotz, A. Kauertz, et H. Ludwig (dir.), *Multidisciplinary research on teaching and learning* (p. 253–269). Palgrave Macmillan UK. [https://link.springer.com/chapter/10.1057/9781137467744\\_14](https://link.springer.com/chapter/10.1057/9781137467744_14)
- Luo, D.-B. (2023). Home experiments teaching for international students during pandemic. *Physics Education*, 58(1), 015019. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac9777>
- Ma'ruf, Sultan, A. D., Nurlina et Marisda, D.H. (2024). Development of basic physics practicum based on virtual Android observatory to facilitate students' ICT literacy abilities. *Journal of Science Learning*, 7(3), 267–273. <https://doi.org/10.17509/jsl.v7i3.66043>
- Martín-Ramos, P., Ramos Silva, M. et Pereira da Silva, P. S. (2017). Smartphones in the teaching of physics laws: Projectile motion. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 213–231. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17663>
- Mathevet, R., Lamrani, N., Martin, L., Ferrand, P., Castro, J. P., Marchou, P. et Fabre, C. M. (2022). Quantitative analysis of a smartphone pendulum beyond linear

- approximation: A lockdown practical homework. *American Journal of Physics*, 90(5), 344–350. <https://doi.org/10.1119/10.0010073>
- Mazzella, A. et Testa, I. (2016). An investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration. *Physics Education*, 51(5), 055010. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/5/055010>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. et PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medecine*, 6(7), 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Munoz-Guijosa, J. M., Díaz Lantada, A., Echávarri, J., et Chacon, E. (2019). Using smartphones physical interfaces in engineering education: Experiences in promoting student motivation and learning. *International Journal of Engineering Education*, 35(5), 1290–1305. <https://oa.upm.es/63927/>
- Organtini, G., et Tufino, E. (2022). Effectiveness of a laboratory course with Arduino and smartphones. *Education Sciences*, 12(12), 898. <https://doi.org/10.3390/educsci12120898>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M. et Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: Development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003>
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2021). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (5e éd.) Armand Colin.
- Pirinen, P., Klein, P., Lahme, S. Z., Lehtinen, A., Rončević, L. et Susac, A. (2024). Exploring digital signal processing using an interactive Jupyter notebook and smartphone accelerometer data. *European Journal of Physics*, 45(1), 015802. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad0790>
- Purba, S. W. D. et Hwang, W.-Y. (2017). Investigation of learning behaviors and achievement of vocational high school students using an ubiquitous physics tablet PC app. *Journal of Science Education and Technology*, 26(3), 322–331. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9681-x>
- Purba, S. W. D., Hwang, W.-Y., Pao, S.-C. et Ma, Z.-H. (2019). Investigation of inquiry behaviors and learning achievement in authentic contexts with the ubiquitous-physics App. *Journal of Educational Technology & Society*, 22(4), 59–76. <https://www.jstor.org/stable/26910185>
- Québec. (2025). *Règlement sur les règles de conduite au primaire et au secondaire*. RLRQ, c. I-13.3, r. 10.01. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/I-13.3,%20r.%2010.01>

- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rézeau, J. (2001). *Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia : Le cas de l'apprentissage de l'anglais en Histoire de l'art à l'université* [Thèse de doctorat, Université Victor Segalen-Bordeaux II].
- Rifandi, R. et Rahmi, Y. L. (2019, Octobre). STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 012208. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1317/1/012208>
- Silva, M. J. (2023). A didactic model to support the use of senses and sensors in environmental education problem solving. *Australian Journal of Environmental Education*, 39(1), 108-124. <https://doi.org/10.1017/ae.2022.22>
- Tarng, W., Lin, Y.-S., Lin, C.-P. et Ou, K.-L. (2016). Development of a lunar-phase observation system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Mobile Information Systems*, 2016, 8352791. <https://doi.org/10.1155/2016/8352791>
- Tarng, W., Ou, K.-L., Lu, Y.-C., Shih, Y.-S. et Liou, H.-H. (2018). A Sun Path Observation System Based on Augment Reality and Mobile Learning. *Mobile Information Systems*, 2018, 5950732. <https://doi.org/10.1155/2018/5950732>
- Thouin, M. et Abou Halloun, S. (2023). *Enseigner les sciences et les technologies au secondaire*. Éditions JFD.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des mathématiques*, 25(1), 91–138. <https://revue-rdm.com/2005/construction-et-conduite-des-instruments-dans-les-apprentissages-mathematiques-necessite-des-orchestrations/>
- Tsoukos, S., Lazos, P., Tzamalīs, P., Kateris, A. et Velentzas, A. (2021). How effectively can students' personal smartphones be used as tools in physics labs? *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(14), 62–71. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i14.22375>
- Tzamalīs, P. G., Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S. et Velentzas, A. (2021). An educational proposal for students' experimentation in a distance learning environment. *Physics Education*, 56(6), 065010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac1a61>
- Ubben, M. S., Kremer, F. E., Heinicke, S., Marohn, A. et Heusler, S. (2023). Smartphone usage in science education: A systematic literature review. *Education Sciences*, 13(4), 345. <https://doi.org/10.3390/educsci13040345>
- Vieyra, R., Vieyra, C., Pendrill, A.-M. et Xu, B. (2020). Gamified physics challenges for teachers and the public. *Physics Education*, 55(4), 045014. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab8b4b>

Zhao, Y. (2025). Smartphone-based undergraduate physics labs: A comprehensive review of innovation, accessibility, and pedagogical impact. *arXiv*.  
<https://arxiv.org/abs/2504.11363>

# **Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire**

Martin Lalonde  
*Université du Québec à Montréal, Canada*

## **Pour citer cet article :**

Lalonde, M. (2026). Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire. *Didactique*, 7(3), 48-72.

<https://doi.org/10.37571/2026.0303>

**Résumé :** Cet article communique les résultats d'une recherche-design conduite en didactique des arts plastiques et numériques présentant un scénario d'intégration des technologies des réalités étendues (XR) et des contenus culturels qui en découlent dans le programme de l'école québécoise en enseignement des arts plastiques et du multimédia au secondaire. Le recours en classe aux XR mobilisent des concepts, savoirs et gestes transformateurs qui actualisent la progression des apprentissages de la discipline et qui contribuent au raffinement des éléments observables de la compétence numérique. S'appuyant sur les principes pragmatiques, itératifs et collaboratifs de la méthodologie de la recherche-design en éducation, le projet a été réalisé avec des personnes enseignantes spécialistes en arts au secondaire dans le but de produire des contributions pratiques qui répondent au besoin de développement d'approches et d'outils didactiques abordant la création et l'appréciation d'œuvres utilisant les XR. Les résultats que nous présentons dans cet article démontrent que le recours aux XR a permis aux participantes et participants au niveau des apprentissages disciplinaires en arts de comprendre le fonctionnement de la réalité augmentée ainsi que de la réalité virtuelle par la réalisation et l'appréciation de créations artistiques. Au niveau de la compétence numérique, les activités développées ont permis d'aborder les questions éthiques des conditions d'utilisation des services numériques, de la protection des données personnelles ainsi que de la propriété intellectuelle.

**Mots-clés :** didactique des arts numériques, réalité étendue, réalité augmentée, réalité virtuelle, enseignement des arts, arts immersifs, technologies éducatives, programme de formation, progression des apprentissages, école secondaire, adolescents.

## Introduction

L'arrivée sur le marché grand public en 2016 de visiocasques performants et abordables a contribué à la démocratisation de la réalité virtuelle<sup>1</sup> (RV) (Radianti et al., 2020) et au regain d'intérêt général envers cette technologie. Si ces produits étaient destinés en grande partie aux marchés du jeu vidéo, les artistes et le monde des arts ont rapidement profité de l'accessibilité de cette technologie et des outils de sa production pour réaliser des œuvres mettant à profit le caractère inédit de leurs fonctionnalités (Ivanova et Watson, 2020). Parallèlement, les avancées techniques dans le domaine de la réseautique, de la reconnaissance visuelle et des capacités de calcul des appareils mobiles ont contribué à l'apparition de nouveaux types d'applications mobiles permettant la réalisation d'expériences en réalité augmentée<sup>2</sup> (RA). Ici aussi, ces fonctionnalités furent rapidement exploitées par les artistes qui les mirent à profit dans le développement de nouveaux types d'expériences artistiques, comme les livres en RA, les expériences *in situ* ou les parcours artistiques.

Les personnes enseignantes spécialistes des arts plastiques et du multimédia au Québec sont au fait de ces transformations dans leur domaine comme en témoignent les ressources partagées sur les plateformes de soutien pédagogique comme le Récit des arts ([recitarts.ca](http://recitarts.ca)) ou au sein des regroupements professionnels comme de l'Association québécoise des enseignantes spécialistes en arts plastiques ([aqesap.org](http://aqesap.org)). Toutefois, l'intégration effective de nouvelles technologies numériques dans leurs classes demeure difficile, car cette intégration est entravée par de multiples barrières externes (ressources, soutien, formation, accès) et internes (confiance, sentiment de compétence, posture face aux technologies) (Becirovic, 2023). Malgré tout l'enthousiasme qu'elles suscitent dans le monde de l'art depuis une dizaine d'années, les technologies des réalités étendues (XR)<sup>3</sup>, et surtout les manifestations artistiques qui en découlent, restent toujours inaccessibles pour la majorité

---

1 La réalité virtuelle fait référence aux technologies qui proposent des expériences de simulation interactive en temps réel. À l'aide, entre autres, de l'imagerie de synthèse, de l'ambiophonie et de périphériques haptiques, une personne peut s'immerger dans un environnement virtuel, s'y déplacer et interagir avec les éléments qui s'y retrouvent. Le visiocasque stéréoscopique accompagné de manettes est le dispositif de RV le plus commun.

2 La réalité augmentée est une technologie permettant la superposition d'informations médiatiques en temps réel et de manière interactive à l'expérience d'un environnement ou d'une situation. Les applications en RA sur tablettes numériques ou téléphones intelligents ainsi que les vidéolunettes sont les dispositifs de RA les plus répandus.

3 La réalité étendue est une expression qui désigne les technologies intégrant des éléments virtuels à des situations du monde réel. La réalité étendue est une expression qui réunit dans une définition large les technologies de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte.

des personnes enseignantes du domaine des arts (Ivanova et Watson, 2020). Ces dernières présentent le besoin d'être accompagnées pour explorer et s'approprier ces nouveaux dispositifs et pour réfléchir de manière collaborative à la pertinence de leur intégration dans leur milieu (Lewis et al., 2021). L'objectif de la présente recherche n'est pas de chercher des prétextes pour intégrer les dispositifs technologiques des XR dans les classes, mais plutôt d'explorer comment les manifestations artistiques qui s'appuient sur ces technologies peuvent être abordés en classe, avec ou sans les appareils de manière à actualiser les apprentissages disciplinaires et à approfondir les connaissances et compétences numériques.

Cet article présente des résultats d'une recherche-design qui s'est penchée sur les potentiels et limitations de l'intégration des technologies et contenus des XR au programme d'enseignement des arts au secondaire de l'école québécoise. La recherche a été réalisée en collaboration avec des personnes enseignantes spécialistes en arts plastiques et multimédia qui ont participé à la conception, à l'implantation et au raffinement dans leurs classes de prototypes technopédagogiques et de situations d'apprentissage et d'évaluation (SAÉ). Ces travaux ont permis de mettre en lumière des notions, connaissances et savoir-faire qui sont mobilisés par les élèves ainsi que par les personnes enseignantes lorsque les contenus et les technologies des XR sont intégrés aux enseignements. Le texte de l'article s'ouvre par une section sur les problématiques théoriques et pratiques abordées par la recherche. Suit un cadre théorique dans lequel sont abordés la définition des XR et les cadres de la compétence numérique et du programme d'enseignement des arts québécois. La troisième section du texte décrit la recherche, les participants, l'approche méthodologique, les données collectées et les stratégies d'analyses. Le corps de l'article se situe dans la section suivante des résultats où un portrait détaillé des designs technopédagogiques et des interventions est présenté et où l'on retrouve les quatre tableaux qui listent les notions, connaissances et savoir-faire mobilisés par les élèves et les personnes enseignantes durant la réalisation des activités d'apprentissage. Suit une courte interprétation des résultats dans laquelle ces contributions sont plus largement mises en perspective et dans laquelle les limitations de la recherche sont signalées.

### **Problématiques théoriques et pratiques**

Poursuivant les objectifs du programme de formation de l'école québécoise en arts plastiques et multimédia de mettre les élèves en contact avec les plus récentes manifestations de l'art contemporain et avec des tendances du monde de la culture qui les touchent directement (ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport [MELS], 2007), les personnes enseignantes spécialistes du domaine des arts s'intéressent aux manières avec lesquelles ils et elles peuvent intégrer les contenus issus des nouvelles technologies à leur

curriculum (Lalonde, 2019). Les technologies de la RV touchent la culture des jeunes, car il s'agit d'une technologie qui s'appuie sur les dispositifs et les outils de production de l'industrie des jeux vidéo (Ivanova et Watson, 2020), dont les adolescent·es sont de grand·es consommateur·trices. Au niveau mondial, l'industrie du jeu vidéo dépasse aujourd'hui de loin les industries du cinéma et de la musique combinées (Arora, 2023) et représentait en 2024 la plus importante économie du milieu du divertissement avec une valeur globale estimée à près de 300 milliards de dollars américains (Grand View Research, 2025). De récentes statistiques (Statistique Canada, 2025) démontrent que 73 % des jeunes canadiens et canadiennes de 15 à 24 ans déclarent s'adonner aux jeux vidéo en ligne. Les environnements numériques de jeux en ligne représenteraient également un espace de socialisation important pour plusieurs adolescent·es (Silva et Djvadi, 2025). Pourtant, force est de constater que peu de milieux scolaires semblent aborder le jeu vidéo comme un phénomène culturel ou artistique digne de réflexion dans leur classe, même si celui-ci est aujourd'hui pleinement reconnu comme tel dans le monde des arts (Ivanova et Watson, 2020). En dehors des arts plastiques et du multimédia qui abordent l'appréciation et la production de contenus qui font usage des XR, des matières scolaires comme Monde contemporain, Culture et citoyenneté québécoise ou Français représentent également des terrains où pourraient être abordées, entre autres, les dimensions culturelles, éthiques et communicationnelles de l'univers des jeux vidéo.

L'approche des XR dans une activité d'apprentissage n'échappe pas aux embûches qui caractérisent l'intégration d'une nouvelle technologie à l'école. Outre les questions des coûts élevés pour l'acquisition d'appareils spécialisés, des coûts d'entretien, de gestion et de service pour ces équipements, de la formation du personnel technique et des compétences enseignantes à concevoir des situations d'enseignement et d'évaluation à leur sujet, les contenus XR demeurent méconnus pour une majorité de professionnels de l'enseignement. Un tel état des lieux justifie la tenue de recherches exploratoires et expérimentales qui proposent à des professionnels du terrain d'explorer, de tester et de réfléchir à la pertinence et au potentiel de ces contenus et de ces outils dans le contexte de leur enseignement (Lewis et al., 2021).

Si de nombreuses recherches ont été conduites jusqu'à aujourd'hui au sujet des bénéfices et potentiels des XR en éducation, c'est surtout dans les disciplines des sciences, des technologies et des mathématiques (Crofton-Sleigh et Beams, 2024). Ce n'est que plus récemment que des études dans les domaines des arts et des sciences humaines ont publié des résultats qui contribueront à ce que s'esquisse graduellement une théorisation de l'éducation des arts avec les XR. Les travaux de Dafiotis et al. (2025) démontrent par exemple comment l'ajout d'informations contextuelles et multimodales par la RA aux

pièces d'une exposition artistique entraîne un engagement plus marqué des personnes apprenantes et que les différents formats XR permettent l'expression d'idées plus complexes de la part des étudiants en contexte de création. Nos propres travaux ont également démontré que les nouveaux types d'objets culturels qui émanent de l'utilisation des XR nous poussent à redéfinir des concepts centraux au domaine de l'enseignement des arts plastiques et numériques. Les notions d'objet/expérience esthétique, de spectature et de corporéité sont en effet bousculées par la nature des œuvres XR et leurs conditions de mise en espace (Lalonde et Huebner, 2024; Lalonde et Wuyckens, 2024). La combinaison de ces nouvelles modalités d'expérience de l'art aux transformations que les technologies font en même temps subir aux conditions et modalités de l'environnement d'apprentissage appelle, selon Crofton-Sleigh et Beams (2024) à ce que les chercheur·euses en éducation et dans les domaines des sciences humaines créent des expériences XR innovantes, fonctionnelles et efficaces pour les milieux de pratique.

## Cadre conceptuel

### La réalité étendue

L'expression réalité étendue, ou l'acronyme XR en anglais, est utilisée dans les domaines universitaires et de l'industrie, entre autres pour faire référence à une pléiade d'expériences qui s'appuient sur l'utilisation des technologies numériques pour transformer l'expérience de la réalité physique et spatiotemporelle d'une personne. Il s'agit d'une expression hyperonyme qui désigne plus particulièrement les expériences et technologies de la RV, de la RA et de la réalité mixte<sup>4</sup> (RM). L'apparition depuis une dizaine d'années d'une pléthore d'appareils électroniques reliés à ce type d'expérience a contribué, selon Rauschnabel et al. (2022), à ce que s'installe une confusion dans le milieu universitaire au niveau des termes employés pour décrire ces différentes expériences. Ces chercheur·euses soulignent l'importance pour la recherche de préciser les définitions des types d'expériences dont il est question afin d'éviter toute confusion conceptuelle. En nous basant sur les définitions qu'ils proposent, nous préciserons que la présente recherche a exploré avec les milieux éducatifs participants des expériences XR de deux types, soit des expériences en RV holistique et des expériences en RA localisées.

---

<sup>4</sup> Technologie combinant des éléments de la RV et de la RA. Une personne peut par exemple passer d'une expérience immersive en RV où son environnement physique immédiat est masqué à une expérience en RA où l'environnement est partiellement dévoilé mais toujours augmenté d'éléments virtuels.

### *La réalité virtuelle*

La RV implique l'utilisation d'un visiocasque stéréoscopique afin de s'immerger dans un environnement artificiel généré par ordinateur (Blanchette et Lalonde, 2023). Le visiocasque couvre entièrement la vue de la personne usagère et est muni d'écouteurs. Il comprend également un gyroscope qui permet de faire concorder les mouvements de la tête avec les mouvements du regard à l'intérieur de l'environnement virtuel, le plus souvent réalisé à l'aide d'imagerie de synthèse en trois dimensions ou de vidéo à 360 degrés. Les expériences en RV holistique sont les expériences RV où le sentiment de présence est fort. La RV holistique vise à ce que la perception de la personne prenne le plus possible l'expérience pour la réalité. À titre d'exemple, les expériences *We live here* (Troche, 2020) dans laquelle on rencontre des personnes en situation d'itinérance dans leur campement ou *The Book of Distance* (Okita, 2020) qui raconte l'histoire de personnes japonaises immigrantes au Canada à l'époque de la Deuxième Guerre mondiale entrent dans cette catégorie.

### *La réalité augmentée*

Du côté des expériences en RA, elles se définissent plus largement par un ajout d'informations numériques en temps réel à l'environnement de la personne utilisatrice en s'appuyant sur l'utilisation des appareils comme le téléphone intelligent, la tablette ou les vidéolunettes. Dans le domaine des arts et de la culture, on retrouve entre autres des livres RA comme le récit de voyage d'Hugo Monticone (2020), le roman graphique « La route des Grandes Alpes » (Lebeau, 2019) ou l'expérience RA inspiré du conte des frères Grimm « Les Sept Corbeaux » (Lajeunesse et Raphaël, 2024). On retrouve également des parcours culturels comme Insitu (Lemieux, 2023) et des expériences muséales augmentées comme Basquiat et la musique (DPT., 2023).

## **Les arts plastiques et numériques dans le programme de formation de l'école québécoise**

Les arts plastiques comme discipline scolaire au Québec ont porté traditionnellement sur les manifestations matérielles de l'art. Aujourd'hui, leur rôle est d'amener les élèves à savoir lire et concrétiser des « images porteuses de sens » (MELS, 2007, p.1). Dans les classes d'arts plastiques au secondaire, les jeunes s'« alphabétisent sur le plan visuel » (p.1), ils apprennent à « décoder les images » (p.1) selon leurs contextes de dissémination et développent leur sens esthétique et leur jugement critique (p.1) tant dans l'appréciation que dans la création. Le programme de formation est donc structuré autour du développement des compétences « créer » et « apprécier » des images. Les apprentissages sont organisés en connaissances qui comprennent les gestes transformateurs, matériaux et

outils, les concepts et notions ainsi que les répertoires et repères culturels. Ces connaissances sont contextualisées sous forme de savoir-faire à l'intérieur des compétences créer et apprécier et suivent une logique progressive selon les cycles et niveaux de la formation. Le programme inclut les arts numériques sous l'appellation art et multimédia en indiquant que les formes artistiques découlant de l'utilisation des nouveaux outils technologiques enrichissent la discipline « en raison de la diversité des images qu'ils rendent possibles et de l'attrait qu'ils exercent sur les jeunes » (p.1). Le parcours arts plastiques et multimédia représente un programme optionnel que les élèves peuvent choisir au 2<sup>e</sup> cycle, c'est-à-dire en secondaire 3, 4 et 5. Le document de progression des apprentissages (MELS, 2010) qui listent systématiquement les connaissances et savoir-faire abordés dans les différents parcours en arts plastiques (réguliers ou optionnel) présente les savoirs spécifiques au multimédia. On note principalement parmi ceux-ci les notions propres au domaine de la photographie, de l'art vidéo, de l'animation et de l'imagerie de synthèse en trois dimensions, notions et savoir-faire qui s'inscrivent dans le champ du multimédia. On note toutefois que les éléments propres au multimédia ne sont nommés dans ce document qu'à titre de cas de figure et qu'ils ne sont pas développés aussi profondément que les notions et gestes transformateurs des multiples pratiques de l'art plastique. Cette progression des apprentissages rédigés durant la première décennie des années 2000 ne saurait en effet intégrer, par exemple les notions propres au web 2.0 (à l'internet participatif, aux médias sociaux, à l'univers des jeux vidéo, aux technologies mobiles [téléphones intelligents, tablettes] ou aux technologies du numérique spatial et des XR). S'il est pertinent de s'interroger sur l'absence de ces notions et de ces technologies dans la progression des apprentissages des arts plastiques, c'est que les phénomènes qu'elles induisent sont prévalents dans la culture des jeunes et dans la société en général.

### **Le cadre de la compétence numérique**

En 2019, le ministère de l'Éducation du Québec ([MEQ], 2026) publiait le cadre de référence de la compétence numérique qui a récemment été actualisé. Le cadre structure la compétence en douze dimensions qui sont balisées par une échelle de développement progressive en quatre paliers (comprendre, utiliser, analyser et créer) (p.5). Cette échelle pointe vers des actions pour atteindre les habiletés visées dans chacune des dimensions. On retrouve ensuite un tableau de thèmes et sous-thèmes qui liste par catégorie des sujets et des enjeux à aborder (p.6), tableau suivi par des exemples d'applications dans divers contextes éducatifs (élèves du préscolaire au secondaire, formation des adultes, formation des personnes enseignantes, etc.) (p.7). Quatre grands axes thématiques regroupent les dimensions qui sont logiquement reliées afin de faciliter leur compréhension et leur appropriation dans le contexte d'une planification pédagogique (p.34). Ces axes suivent aussi une logique progressive, le premier axe qui s'intitule « Posture critique et éthique à

*Lalonde, 2026*

l'égard du numérique » comprend les dimensions portant sur l'éthique citoyenne, sur le développement de la culture informationnelle, sur la pensée critique et sur les actions en éthique citoyenne tandis que le quatrième axe « Expression numérique dans une perspective innovante » réunit les dimensions qui portent sur la production de contenu numérique, la résolution de problème et la capacité à créer et innover (p.37). L'innovation est un des concepts centraux du cadre. Jumelée au concept de créativité pour la douzième dimension du cadre de compétence, on la retrouve tant dans les actions des éléments à développer que dans les tableaux de thèmes et d'exemples d'applications. On note parmi les thèmes et les situations pour cette dimension : « l'imagination, l'originalité et l'ingéniosité, les processus créatifs, l'idéation et le prototypage, les laboratoires créatifs » (p.32), tous des sujets, des contextes et des procédés qui sont étroitement reliés aux activités, aux objectifs pédagogiques et à la nature des compétences du domaine des arts plastiques et du multimédia. La notion de créativité, synonyme dans le cadre d'innovation à la fois comme objet et comme savoir-agir, place le domaine des arts, et plus particulièrement celui des arts plastiques et du multimédia, dans une position des plus propices pour le développement de la compétence numérique.

## **La recherche**

### **Ma.réalité**

Le projet ma.réalité est une recherche-design en éducation conduite en enseignement des arts au secondaire et dont l'objectif est d'identifier les potentiels et les limitations des XR au sein de cette discipline. Elle a généré des contributions pratiques dans la forme d'innovations technopédagogiques et de trousseaux pédagogiques proposant les situations d'enseignement et d'évaluation et le matériel didactique développé pendant les travaux. Elle a généré également des contributions savantes qui participent à la théorisation des expériences en XR en éducation artistique. Les résultats présentés dans cet article sont ceux qui portent sur les savoirs et compétences disciplinaires mobilisés et sur les composantes des compétences numériques observées dans le cadre d'activités de création d'expériences en RV et en RA.

La recherche a été conduite sur une période de 18 mois au sein de 2 écoles secondaires dans lesquels 3 enseignants spécialistes en arts ont participé avec des classes de secondaire 3 à 5 en arts plastiques et multimédia. Le consentement pour la participation à la recherche a été obtenu pour un total de 68 élèves. Selon les principes méthodologiques de la recherche-design, les personnes enseignantes participantes ont été considérées comme des chercheurs experts dans leur champ, soit celui de la didactique des arts numériques. Leur participation les a amenés à prendre part aux actions suivantes :

1. Identifier des besoins de développement de connaissances et de savoir-faire dans le cadre de leur pratique ;
2. Participer à la cocréation de situations d'apprentissage et d'évaluation utilisant des contenus et des technologies en RV ou en RA ;
3. Conduire les activités de ces situations auprès de deux groupes de leur classe ;
4. Participer au raffinement des activités d'enseignement à la lumière des observations de la première itération ;
5. Conduire à nouveau les activités de la situation auprès d'autres groupes ;
6. Participer à trois entretiens semi-dirigés et à un groupe d'entretien focalisé ;
7. Participer aux travaux de dissémination des contributions pratiques produites pendant la recherche.

## **Méthodologie**

Cette étude a été conduite selon les principes méthodologiques de la recherche-design en éducation (RDE). La RDE est une méthodologie de recherche mixte qui a souvent été utilisée depuis le début du siècle dans le domaine des technologies éducatives pour étudier de manière empirique des environnements d'apprentissage ou des situations inédites créées par l'intégration de nouvelles technologies (McKenney et Reeves, 2014). Orientée vers la production de savoirs théoriques (Edelson, 2002), la RDE est en même temps une méthodologie pragmatique et ancrée qui est conduite dans le contexte réel de milieux de pratique en éducation (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015). De ce point de vue, les travaux visent en même temps la production d'innovations et de contributions pratiques orientées vers les besoins des milieux impliqués. Fondamentalement collaborative, elle accorde un rôle prépondérant dans ses méthodes aux personnes participantes (personnes enseignantes, conseiller·ères pédagogiques, personnel administratif, etc.) qui agissent à la fois comme expert·es sur les objets à l'étude et comme collaborateur·trices dans les travaux de développement et d'analyse des contenus (Amiel et Reeves, 2008). Il s'agit également d'une méthodologie itérative qui, par un processus d'aller-retour entre l'expérimentation pratique et l'analyse, cherche à raffiner les designs technopédagogiques coproduits et à identifier les principes qui régissent leur pertinence, leur fonctionnement et les effets des interventions et des outils (Collins et al., 2004). Dans le processus itératif de négociation conversationnelle du codesign et de l'analyse des interventions, les chercheur·euses porteront leur attention sur les critères de 1) la pertinence de l'intervention au regard de la problématique pratique énoncée, 2) la logique de sa structure, 3) sa faisabilité pour le

contexte vers lequel elle est orientée, et, 4) son efficacité à permettre l'atteinte des objectifs de départ (Nieveen et Folmer, 2013). Ces critères guident l'amélioration et le perfectionnement itératif des designs éducatifs, expression qui englobe à la fois les objets, outils et stratégies de l'intervention.

### *Collecte, données et analyse*

Parmi les données collectées sur le terrain, on compte les verbatims des entretiens semi-dirigés et des groupes d'entretiens focalisés, les prototypes du dispositif technologique d'enseignement, les prototypes de créations, l'ensemble du matériel de planification pédagogique et des outils didactiques, la documentation photo et vidéographique du déroulement des activités, le journal de recherche des chercheur·euses et auxiliaires ainsi que les captures des réalisations des élèves. L'ensemble de ces données a été versé et classé sur une base de données. Le logiciel NVivo a été utilisé par l'équipe qui a eu recours à différentes approches analytiques selon les catégories de données. Une analyse thématique a été réalisée à partir des données d'entretiens, d'observation et des données issues des réalisations des élèves afin de formuler des constats sur leur compréhension du fonctionnement des dispositifs XR. Ces résultats nous ont permis de mettre en lumière le fait que les jeunes perçoivent les dimensions spatiales, interactives et ludiques des expériences immersives en RV comme des aspects captivants pour maintenir l'attention des personnes spectatrices envers l'objet du récit (Lalonde et Wuyckens, 2024).

Les résultats présentés ici, proviennent de l'analyse croisée des réalisations des élèves et des outils didactiques produits et utilisés sur les terrains, plus particulièrement les fiches d'appréciation et les grilles d'évaluation des projets des élèves. Dans le but de décrire de manière neutre et systématique les composantes formelles des expériences immersives en RV et des expériences situées en RA, nous avons mobilisé quatre enseignantes spécialistes en arts plastiques et multimédia qui n'ont pas participé aux travaux de conception de l'intervention. Leur tâche consistait premièrement à faire l'expérience d'une série d'œuvres réalisées par les élèves, deuxièmement à rédiger une fiche descriptive des composantes formelles et conceptuelles de ces œuvres et troisièmement à rédiger une appréciation critique s'appuyant sur des critères d'évaluation. Les fiches descriptives des œuvres ainsi que les textes d'appréciation critique ont ensuite été versés à la base de données afin d'être synthétisés. Les thèmes et catégories produits par cette synthèse ont été utilisés pour lister les connaissances et les savoir-faire mobilisés dans les projets des élèves et pour affiner les critères et les éléments observables de l'outil d'évaluation du projet.

## Résultats

Nous décrirons deux designs technopédagogiques qui ont été coconçus et réalisés avec les personnes participantes en réponse aux besoins formulés et observés dans les milieux de pratique où ils ont eu cours. Ces deux propositions s'inscrivent à l'intérieur d'un même corpus pédagogique et s'appuient sur des ressources et des outils similaires. Les trousseaux pédagogiques qui en découlent constituent les contributions pratiques qui sont demeurées sur les sites et qui ont été disséminées au sein des organisations professionnelles du domaine des arts et sur la plateforme Lab-yrinthe du Laboratoire virtuel québécois de l'édition et de l'éducation aux œuvres numériques ([lab-yrinthe.ca](http://lab-yrinthe.ca)). Les prochains paragraphes décrivent d'abord les deux designs pour ensuite revenir spécifiquement sur les notions, les connaissances et les savoir-faire qu'ils identifient pour le domaine des arts et pour la compétence numérique.

### Me voyez-vous ? une expérience située en réalité augmentée

La SAÉ intitulée Me voyez-vous? a été coconçue avec les enseignants participants pour répondre aux besoins de terrain identifiés par l'enseignant participant responsable d'un des sites de la recherche lors de l'entretien de recherche initial. Ces besoins couvrent à la fois des besoins de connaissances et de développement de compétence des personnes enseignantes et apprenantes. Ils portent également sur des enjeux plus larges dans le domaine des technologies. Le tableau suivant présente une synthèse des éléments formulés par un des enseignants participants lors de la première phase de design de la recherche, soit celle de l'identification de ses intérêts, besoins et des enjeux dans sa classe. Ces besoins et ces enjeux, présentés dans le Tableau 1 ont orienté le travail de coconception du design technopédagogique.

**Tableau 1.**

*Besoins de développement et de perfectionnement identifié par l'enseignant participant du projet Me voyez-vous? utilisant la réalité augmentée*

| Besoins des apprenants                                                                                                                                                                                                                  | Besoins de l'enseignant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Méconnaissance du concept de conditions d'utilisation d'un service numérique ;<br>Méconnaissance des conditions d'utilisation des logiciels, applications et médias sociaux mobiles utilisés de façon personnelle.                      | Méconnaissance des enjeux éthiques liés à l'utilisation de produits et services numériques à l'école et en dehors ;<br>Méconnaissance des enjeux éthiques liés aux conditions d'utilisation des logiciels, applications et médias sociaux mobiles utilisés par les jeunes et utilisés en classe ;<br>Besoin d'exploration des exigences des politiques institutionnelles d'utilisation des technologies.                                                                                        |
| Enjeu de démotivation scolaire face aux pratiques de création et d'appréciation d'œuvres numériques.                                                                                                                                    | Besoin d'exploration d'approches et de stratégies didactiques favorisant la motivation et l'engagement des élèves.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Besoin d'apprendre ce qu'est la réalité augmentée et quelles sont ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ;<br>Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité augmentée. | Besoin de définir la réalité augmentée et besoin de perfectionnement au sujet de ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ;<br>Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité augmentée dans un but pédagogique ;<br>Besoin de ressources et de soutien technique pour produire et conduire une situation d'apprentissage et d'évaluation en création et appréciation de réalisations artistiques utilisant la réalité augmentée. |

L'intervention et le matériel d'enseignement qui ont été coconçu pour répondre à ces besoins ont pris la forme d'une SAE proposant aux élèves la réalisation d'une campagne de sensibilisation à l'école au sujet de la collecte des données personnelles par les grands acteurs du web. Les activités de la SAE les ont amenés à formuler une appréciation critique d'images médiatiques chocs dans un premier temps pour ensuite créer une affiche de sensibilisation en RA. Les élèves utilisaient les ordinateurs de bureau en classe pour la création des affiches et pouvaient utiliser leur propre appareil mobile ou ceux disponibles en classe pour le visionnement des affiches RA. Chaque élève participant·e a réalisé une affiche individuellement et les appréciations étaient conduites avec l'ensemble du groupe (25 à 30 élèves). Parmi les composantes principales du design technopédagogique, on note

la trousse pédagogique comprenant l'ensemble des ressources pédagogiques, notionnelles et pratiques de l'activité, un prototype d'affiche en RA, un gabarit et des tutoriels pour les procédés techniques. Outre les activités d'appréciation et de création, les élèves furent amenés à effectuer des recherches et à se documenter sur les conditions d'utilisation qu'ils et elles avaient acceptées à travers les applications qu'ils et elles utilisent sur leur téléphone intelligent. Ces recherches se sont appuyé, par exemple, sur l'utilisation du site web ([tosdr.org](https://tosdr.org)), une plateforme dont l'acronyme en anglais veut dire « pas lu les conditions d'utilisation » et qui propose des évaluations du respect des données personnelles des usagers des services web les plus populaires.

L'analyse du matériel didactique, des réalisations des élèves et la production des outils d'évaluation a permis à l'équipe de recherche d'identifier des connaissances, notions, savoir-faire et gestes transformateurs propres à la RA. Ces résultats, présentés dans le Tableau 2, contribuent à l'enrichissement des notions de la progression des apprentissages du domaine des arts plastiques et du multimédia et exemplifient des situations et des thèmes pour la compétence numérique.

**Tableau 2.**

*Notions, savoirs et savoir-faire artistiques et savoir-agir numériques mobilisés par les élèves participant-es dans la proposition Me voyez-vous? utilisant la réalité augmentée*

| <b>Notions, savoirs et connaissances de la RA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Affichage en temps réel, ancrage, champ visuel, dispositif de visualisation, filtres RA, effets RA, géolocalisation, gyroscope, image du monde réel, image de synthèse, image déclencheuse, informatique spatiale, localisation, logiciel de réalité augmentée, lunette de réalité augmentée, réalité augmentée, réalité augmentée basée sur l'environnement, réalité augmentée par projection, réalité étendue, réalité mixte, reconnaissance visuelle, spatialisation de contenu numérique, superposition médiatique en temps réel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Savoir-faire et gestes transformateurs de la RA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installer et utiliser un logiciel de réalité augmentée sur un ordinateur de bureau et sur un appareil mobile ;</li> <li>• Créer un compte utilisateur·trice sur le système web d'un logiciel de création ;             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuster la taille et le format de contenus médiatiques de manière à ce qu'ils correspondent aux paramètres de la scène RA créée ;</li> <li>• Encoder et compresser des contenus médiatiques de manière à les rendre compatibles au fonctionnement du logiciel utilisé ;</li> </ul> </li> <li>• Ancrer un contenu médiatique temporel à une image fixe déclencheuse de la RA par le biais de la reconnaissance visuelle à l'aide d'un logiciel spécialisé ;             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Générer un code QR pour répertorier et diffuser la réalisation ;</li> <li>• Utiliser un appareil mobile pour visualiser et écouter la réalisation ;                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tester et ajuster la mise en espace de l'expérience RA ;</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Documenter l'expérience RA par l'enregistrement de captures audio-vidéo et partager ces contenus.</li> </ul> |
| <b>Savoir agir de la compétence numérique</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir s'informer sur les conditions d'utilisation d'un produit ou d'un service numérique ;</li> <li>• Accepter ou refuser des conditions d'utilisation et des paramètres de confidentialité d'un produit ou d'un service numérique ;</li> <li>• Choisir de protéger ou de partager ses renseignements personnels dans sa manière d'utiliser un produit ou un service numérique.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### **Mondes de demain : une expérience immersive en réalité virtuelle**

La SAÉ codéveloppée avec l'enseignant participant du deuxième site de recherche a porté sur l'utilisation des technologies de la RV. Intitulé Mondes de demain, cette SAÉ invitait les élèves à imaginer l'état du monde dans mille ans et à créer une expérience immersive

qui amènerait les spect-acteur·trices à vivre l'expérience de ce monde. Comme pour le premier site, la première étape du processus de design collaboratif avait pour but d'identifier les besoins de connaissances et de savoir-faire avec l'enseignant. Ce dernier a identifié les enjeux et besoins qui sont listés dans le Tableau 3.

**Tableau 3.**

*Besoins de développement et de perfectionnement identifié par l'enseignant participant du projet Mondes de demain utilisant la réalité virtuelle*

| <b>Besoins des apprenants</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>Besoins de l'enseignant</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Besoin d'identifier les liens entre l'écriture narrative et la création artistique numérique.                                                                                                                                           | Besoin de développer une approche didactique interdisciplinaire en arts numériques et en français pour la création de récits ;<br>Besoin de développer une approche didactique pour la création de récits en arts numériques.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Besoin d'apprendre ce qu'est la réalité virtuelle et quelles sont ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ;<br>Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité virtuelle. | Besoin de définir la réalité virtuelle et besoin de perfectionnement sur ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ;<br>Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité virtuelle dans un but pédagogique ;<br>Besoin de ressources et de soutien technique pour produire et conduire une situation d'apprentissage et d'évaluation en création et appréciation de réalisations artistiques en réalité virtuelle. |
| Besoin de situer les arts sonores dans le domaine de l'art contemporain ;<br>Besoin de comprendre et de s'approprier les outils de création sonore dans le contexte d'une création immersive en RV.                                     | Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des outils numériques de création et de diffusion d'art sonore dans un but pédagogique ;<br>Besoin de ressources et de soutien technique pour la conception et la réalisation d'une activité d'enseignement en art sonore.                                                                                                                                                                                          |
| Besoin d'apprendre les notions liées à la propriété intellectuelle, aux droits d'utilisation et au partage de contenu médiatique dans une démarche de production.                                                                       | Méconnaissance des enjeux liés à la propriété intellectuelle, aux droits d'utilisation et au partage de contenus médiatiques pour la création artistique et la production de contenus didactiques ;<br>Méconnaissance des outils, répertoires de ressources et plateformes de partage de médias destinés à la création.                                                                                                                                                       |

Les besoins identifiés par ce deuxième enseignant collaborateur sont formulés dans les mêmes termes que ceux formulés dans le Tableau 1, la différence est que les travaux portent ici sur l'utilisation de la RV stéréoscopique sur visiocasque et sur les défis d'une

activité d'apprentissage interdisciplinaire entre le français et les arts plastiques et multimédia. Le design technopédagogique qui a résulté du travail sur ce site comprend sensiblement les mêmes composantes que pour le premier site, c'est-à-dire les documents de la SAÉ, les prototypes, les gabarits de création, les répertoires de ressources numériques, les outils d'évaluation, les tutoriels, ainsi que, dans ce cas seulement, un guide de prise en main des visiocasques stéréoscopiques utilisés en classe. La SAÉ de cette proposition a été subdivisée en six activités distinctes afin de structurer les grandes étapes de la production d'une expérience immersive en RV. Chacune des activités de la séquence produisait un contenu qui pouvait plus tard être assemblé dans le grand ensemble que constituait l'expérience immersive en RV. Cette stratégie a été mise en place afin de maintenir la motivation des élèves qui, selon l'enseignant participant, a tendance à baisser lorsque les projets de création se déploient sur plusieurs semaines. Les six activités réalisées individuellement et en équipe de la SAE sont les suivantes : l'écriture d'une fiction anticipatoire (individuelle), la réalisation d'un tableau d'inspiration à partir d'images collectées dans le but d'esquisser la facture visuelle du monde imaginaire (individuelle), la modélisation en trois dimensions d'un élément technologique figurant dans le récit (individuelle), la création d'un paysage sonore engendrant l'ambiance du récit (en équipe de deux), l'assemblage du monde du récit en RV sur le logiciel Cospaces ([delightex.com/edu](https://delightex.com/edu)) (en équipe de deux), l'appréciation de l'expérience du monde en RV (en sous-groupes de quatre à six élèves). La plupart de ces étapes étaient réalisées sur les ordinateurs de bureau. Trois visiocasques étaient disponibles en classe et les élèves étaient libres de les utiliser ou non pour tester leur monde virtuel. Les appréciations étaient réalisées par des élèves volontaires qui faisaient la démonstration à leurs collègues des différents mondes par une copie de la vue de leur visiocasque sur écran d'ordinateur.

L'analyse des données a identifié les savoirs, notions, savoir-faire et gestes transformateurs spécifiques à la création et l'appréciation d'expériences immersives en RV. La différence à noter ici est que l'analyse des expériences en RV a nécessité un investissement plus important de temps et de ressources techniques afin de permettre à l'équipe de recherche d'explorer sous visiocasques chacun des mondes créés par les élèves participant·es. C'est par le croisement des données du matériel didactique, des journaux d'observation, des analyses des réalisations des élèves et des outils d'évaluation qu'ont été identifiés les notions et savoir-faire propres à la RV. Le Tableau 4 présente les connaissances et savoir-faire principaux à l'intérieur desquels peuvent être détaillés plus finement d'autres connaissances et gestes transformateurs. Sont laissés de côté toutes les notions et les gestes transformateurs qui se rattachent spécifiquement à un type de média particulier, comme les images, les modélisations tridimensionnelles ou les animations.

**Tableau 4.**

*Notions, savoirs et savoir-faire disciplinaires et savoir-agir numériques mobilisés par les élèves dans la proposition Mondes de demain utilisant la réalité virtuelle*

| <b>Notions, savoirs et connaissances de la RV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Avatar, capteur de localisation, capteur de mouvement, cybercinétoise, immersion, déambulation, écran stéréoscopique, effet de présence, fonctions haptiques, monde virtuel, moteur de jeu, oculométrie, réalité virtuelle, réalité mixte, reconnaissance spatiale, son spatialisé, suivi des mains, visiocasque, stéréoscopie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Savoir-faire et gestes transformateurs de la RV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser un logiciel de création d'expérience en réalité virtuelle stéréoscopique sur ordinateur ;</li> <li>• Utiliser un logiciel de création d'expérience en réalité virtuelle stéréoscopique sur visiocasque ;</li> <li>• Rechercher et intégrer des composantes médiatiques variées un environnement en RV ;</li> <li>• Formater des composantes médiatiques variées en vue de leur intégration dans un environnement immersif en RV ;</li> <li>• Positionner, ajuster l'échelle et paramétrer des composantes médiatiques en trois dimensions dans un environnement immersif en RV ;</li> <li>• Utilisez des outils de codage pour programmer des interactions à l'intérieur d'une expérience immersive en RV ;</li> <li>• Tester le fonctionnement et la navigation à l'intérieur d'un monde immersif en RV à l'aide d'un visiocasque ;</li> <li>• Effectuer la mise en miroir d'une expérience immersive en RV sur un écran d'ordinateur ;</li> <li>• Sauvegarder et enregistrer des captures d'écran vidéo du déroulement d'une expérience en RV dans le but de les partager ;</li> <li>• Ajuster les paramètres de mise en espace d'un visiocasque stéréoscopique en vue du déploiement d'une expérience immersive en RV.</li> </ul> |
| <b>Savoir agir de la compétence numérique</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir identifier la source d'un contenu médiatique utilisé dans une création ;</li> <li>• Respecter la propriété intellectuelle et les droits d'utilisation et citer la source d'un média qu'on intègre à une création ;</li> <li>• Reconnaître les conditions de partage et de réutilisation d'une variété de contenus médiatiques ;</li> <li>• Savoir attribuer des conditions d'utilisation et de partage à des contenus médiatiques que l'on crée.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

### **Interprétation des résultats**

La conceptualisation de designs technopédagogiques en réponse aux besoins de perfectionnement et de développement de contenus ciblés par les enseignants

collaborateurs a permis d'identifier des savoirs et des compétences spécifiques au sujet des XR dans la discipline des arts plastiques et du multimédia. L'intégration des activités d'apprentissage produite dans des contextes réels de classe et leur raffinement à la lumière des critères identifiés par Nieveen et Folmer (2013) a permis de générer des connaissances 1) sur la logique de fonctionnement des technologies de la RV stéréoscopique et de la RA sur appareil mobile, 2) sur la faisabilité du déploiement de ces technologies dans le contexte d'une classe de 30 élèves au secondaire, 3) sur la pertinence de leur utilisation dans le champ de l'enseignement des arts et de l'éducation aux technologies, et, 4) sur l'efficacité des activités d'apprentissage qui les mobilisent à actualiser les contenus d'enseignement en art et à toucher à des éléments qui contribuent au développement de la compétence numérique. Du point de vue de la didactique des arts numériques, les connaissances et savoir-faire identifiés par les deux projets peuvent représenter de nouveaux items à insérer dans le document de la progression des apprentissages en arts plastiques et multimédia (MELS, 2010). Ces nouvelles notions et actions commencent ainsi à baliser les nouveaux territoires d'apprentissage des XR en contribuant à formuler une compréhension plus claire et systématique de la pratique et de l'appréciation du numérique spatial pour les professionnels du domaine de l'enseignement des arts. Du point de vue de la compétence numérique (MEQ, 2026), ces notions et actions exemplifient d'un autre côté des thèmes et des situations concrètes d'utilisation des technologies représentatives d'enjeux de fond en matière d'éthique et de citoyenneté numérique.

### **Limitations**

Le développement et l'implantation itérative des design technopédagogiques sur les terrains a été l'occasion d'évaluer la faisabilité de ces SAÉ en milieu scolaire. Si la réalisation des activités en classe n'a pas rencontré d'impasses techniques, c'est dû à l'investissement de ressources humaines importantes dans la conception du projet, la réalisation et le test des prototypes, la production d'outils didactique et le soutien technique ponctuelle. De ce point de vue, on peut conclure que le développement et la conduite d'un tel projet sont peu envisageables pour une personne enseignante individuelle en milieu scolaire régulier et public au Québec, considérant, comme les personnes enseignantes participantes l'ont signalé, le peu de ressources humaines et techniques pour les soutenir dans la mise en œuvre de telles initiatives.

Une autre limitation importante à noter est le peu d'accessibilité des visiocasques en RV et les problématiques liées à l'utilisation des appareils mobiles individuels et personnels par les élèves pour la RA. Les visiocasques stéréoscopiques ont le désavantage important d'être plus faciles d'utilisation pour des personnes qui ne présentent pas de problème de vision.

Même si les manufacturiers proposent des accessoires pour pallier ces difficultés, le simple fait de porter des lunettes peut compliquer l'utilisation du visiocasque et ne pas permettre à la personne de bien voir et ainsi de vivre une expérience immersive satisfaisante et convaincante. S'ajoutent à ces difficultés d'accessibilité les formes de visage et de têtes ou les sensations de vertige, d'étourdissement ou de malaises divers qui peuvent survenir chez plusieurs personnes et qui sont décrites comme des symptômes de cybercinétose. Bref, les visiocasques stéréoscopiques ne conviennent pas à plusieurs personnes, ce qui constitue un contre-argument majeur à leur intégration en milieu scolaire. En ce qui concerne les conditions techniques d'utilisation des téléphones et des tablettes, leur déploiement en classe, que ce soient les appareils personnels des élèves ou des flottes d'appareils d'écoles, pose plusieurs problèmes allant des fonctionnalités disponibles, aux systèmes d'opération et à l'accessibilité des logiciels et à la gestion des comptes et des appareils.

Les conditions d'utilisation des visiocasques, des téléphones et des tablettes sont toutefois l'élément qui pose le plus gros problème lorsqu'on envisage leur usage en milieu scolaire. L'utilisation de ces appareils et des différentes applications qu'elles proposent oblige les personnes utilisatrices à accepter des conditions d'utilisation dans lesquelles elles consentent à ce que leurs données personnelles soient partagées avec la compagnie qui produit l'appareil et avec des tiers. Dans le cas où l'on refuse ces conditions, on ne peut simplement plus utiliser l'appareil ou le service qui nous intéresse. Si les adultes peuvent faire librement ce choix dans le contexte d'un usage personnel d'une technologie, ce n'est pas le cas pour un ou une adolescent·e qui serait invité·e à faire l'usage d'un appareil dans le cadre de sa formation scolaire. Les données personnelles collectées par un visiocasque de RV pénètrent beaucoup plus profondément dans la sphère personnelle des individus. Si l'ensemble des activités effectuées sur le visiocasque Quest 2 utilisé dans la recherche sont collectées, on collecte également les données biométriques comme les caractéristiques corporelles et la voix de l'utilisateur·trice ainsi que les données spatiales de l'environnement dans lequel l'appareil. Le design technopédagogique du projet a proposé des stratégies de contournement de cette problématique. Les élèves n'ont à aucun moment dévoilé leur identité dans leur utilisation des applications, logiciels et services qui furent utilisés. Ils et elles ont employé des pseudonymes et n'ont partagé aucune donnée médiatique permettant de les identifier. Les trois visiocasques que les élèves se partageaient en classe étaient liés à un compte de recherche anonymisé et ils et elles étaient libres de l'essayer ou non pendant la réalisation de leur projet.

## Conclusion

Les résultats présentés dans cet article ont démontré comment la réalisation d'activités pédagogiques explorant l'appréciation et la création de contenus artistiques et culturelles exploitant la RA et la RV avec des personnes enseignantes et des élèves d'écoles secondaires au Québec peut représenter une manière pertinente d'aborder des enjeux qui participent au développement de la compétence numérique. Le cadre pédagogique des SAE en arts plastiques et multimédia est en étroite cohérence avec les éléments de développement des dimensions du quatrième axe de la compétence numérique « Faire preuve de créativité et innover avec le numérique » (MEQ, 2026) car il permet aux élèves et personnes enseignantes de comprendre, utiliser, analyser et créer en manipulant ces nouveaux objets technologiques et culturels dans une démarche critique de création artistique. Les designs technopédagogiques codéveloppés avec des praticien·nes de l'enseignement des arts et testés de manière itérative dans leurs classes ont permis de mettre en lumière des avantages et des inconvénients de l'usage des XR en contexte scolaire régulier. Parmi les avantages, on note la capacité de ces activités de mettre les élèves en contact avec les plus récentes manifestations de l'art contemporain de la culture numérique et de leur exposer le fonctionnement des contenus culturels, artistiques et numériques qu'ils et consomment dans leurs usages personnels, comme les jeux vidéo et les médias sociaux. En ayant l'occasion de manipuler et de tester des appareils technologiques récents dans le cadre sécurisé de leur formation scolaire, les élèves ont l'occasion de réfléchir de manière critique avec leurs pairs sur les logiques économiques sous-jacentes à l'utilisation de ces appareils, dont celle de la marchandisation des données personnelles. En abordant les questions éthiques liées aux conditions d'utilisation, aux données personnelles et à la propriété intellectuelle, les adolescent·es comme leurs enseignants ont l'occasion de reconsidérer leur approche du numérique dans les sphères personnelles et professionnelles. Parmi les désavantages, on note la nécessité d'investir des ressources matérielles et humaines importantes pour le déploiement d'activités pédagogiques qui s'appuient ces technologies. S'ajoutent à ces difficultés le peu d'adaptabilité des appareils spécialisés en RV et les enjeux éthiques importants que leur usage soulève en matière d'accès aux données personnelles des personnes enseignantes et apprenantes.

À la lumière de ces considérations, on peut conclure avec les recommandations suivantes. D'abord, il est important de différencier les expériences qui font usage de la RV et de la RA car elles ne sont pas de même nature et n'ont pas les mêmes implications pour un déploiement en contexte scolaire. L'utilisation du visiocasque n'est pas envisageable à grande échelle, mais l'expérience du terrain a démontré que quelques casques suffisent en classe pour que les élèves intéressé·es puissent faire ou non le choix de le tester et de l'analyser dans une démarche réflexive en grand groupe. Ce n'est donc pas tant l'utilisation

du dispositif technologique qui prime que d'avoir l'occasion d'apprendre ses mécanismes de fonctionnement et de conduire une analyse critique des contenus qui en découlent par le biais de la création sur ordinateur. Les personnes enseignantes qui souhaitent faire usage de la RA devraient s'assurer de pouvoir fournir un cadre sécurisé aux élèves par le prêt d'appareils et la création de comptes utilisateur·trices anonymisés, par le choix de logiciels respectant les politiques d'utilisation des technologies en vigueur dans leur milieu et en n'imposant pas de directives de projets qui les poussent à dévoiler directement ou indirectement des informations pouvant permettre leur identification. Pour résumer, nous soulignerons que d'aborder les technologies et les phénomènes des XR avec les adolescents en enseignement des arts plastiques et multimédia ne devraient pas nécessairement passer par l'intégration systématique d'appareils pour chaque individu, mais devraient plutôt mettre l'accent sur des situations d'analyse collective des contenus qui découlent de ces technologies et sur leur processus de production.

## Références

- Amiel, T. et Reeves, T. C. (2008). Design-based research and educational technology: Rethinking technology and the research agenda. *Journal of educational technology & society*, 11(4), 29-40.
- Arora, K. (2023). The Gaming Industry: A Behemoth With Unprecedented Global Reach. *Forbes*. <https://www.forbes.com/councils/forbesagencycouncil/2023/11/17/the-gaming-industry-a-behemoth-with-unprecedented-global-reach/>
- Bećirović, S. (2023). *Digital Pedagogy : The Use of Digital Technologies in Contemporary Education*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-0444-0>
- Blanchette, K. et Lalonde, M. (2023). Fiche concept sur la réalité virtuelle. *Lab-yrinthe*. <https://lab-yrinthe.ca/education/realite-virtuelle/>
- Collins, A., Joseph, D. et Bielaczyc, K. (2004). Design research : Theoretical and methodological issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2)
- Crofton-Sleigh, L. et Beams, B. (2024). *Past and Future Presence : Approaches for Implementing XR Technology in Humanities and Art Education*. Amherst College Press. <https://doi.org/10.3998/mpub.14371789>
- Dafiotis, P., Sylaiou, S., Stylianidis, E., Koukopoulos, D. et Fidas, C. (2025). Evaluating Uses of XR in Fostering Art Students' Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(4), 36. <https://doi.org/10.3390/mti9040036>
- DPT. (2023). *Basquiat et la musique*. <https://dpt.co/fr/projets/basquiat-et-la-musique/>

- Edelson, D. C. (2002). Design Research : What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.  
[https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101\\_4](https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4)
- Grand View Research. (2025). *Video Game Market (2025—2030)* (p. 150). Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/video-game-market>
- Ivanova, V. et Watson, K. (2020). *Future Art Ecosystems : Art x Metaverse* (Vol. 2). Serpentine. <https://www.serpentinegalleries.org/whats-on/future-art-ecosystems/>
- Lajeunesse, F. et Raphaël, P. (réalis.). (2024). Jim Henson's The storyteller : The seven ravens. [Livre en réalité augmentée].  
<https://www.felixandpaul.com/fr/experiences/thestoryteller/credits>
- Lalonde, M. (2019, 16 mai). *Le futur des curriculums en éducation artistique : La question du tournant visuel et multimodal des communications*. Arts, sociétés et partage des savoirs. Montréal, QC. [https://rapport-rioux.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/72/Rioux\\_programme\\_web.pdf](https://rapport-rioux.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/72/Rioux_programme_web.pdf)
- Lalonde, M. et Huebner, E. J. (2024). Exploration des notions de corps et d'immersion dans les environnements en réalité virtuelle en éducation artistique. *Journal de recherche en éducations artistiques*, (4), 51-66.  
<https://doi.org/10.26034/vd.jrea.2024.6116>
- Lalonde, M., Huebner, E. J., Wuyckens, G., Blanchette, K. et Meilleur, B. (2023). La création de récits d'anticipation en réalité virtuelle pour le développement de la compétence numérique et de la compétence en littératie médiatique multimodale des élèves au secondaire. *Médiations et médiatisations*, (15).  
<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.346>
- Lalonde, M. et Wuyckens, G. (2024). Des lendemains incertains : Immersion dans l'imaginaire du futur des adolescents. Étude sur l'intégration de la science-fiction et de la réalité virtuelle en enseignement des arts dans les écoles secondaires québécoises. *ReS Futurae. Revue d'études sur la science-fiction*, (23).  
<https://doi.org/10.4000/11wpk>
- Lebeau, J.-P. (2019). *La Route des Grandes Alpes : Récit de Voyage*. Les Éditions Alaska.
- Lemieux, M. (réalis.). (2023). INSITU [Parcours urbain en réalité augmentée].  
<https://4dart.com/fr/portfolio-item/insitu/>
- Lewis, F., Plante, P. et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : Une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27.  
<https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- McKenney, S. et Reeves, T. C. (2014). Educational Design Research. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of Research on Educational*  
Lalonde, 2026

- Communications and Technology* (p. 131-140). Springer New York.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11)
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS] (2007). Arts plastiques. *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire. Deuxième cycle. Un programme de formation pour le XXI<sup>e</sup> siècle*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/programmes/PFEQ-arts-plastiques-deuxieme-cycle-secondaire.pdf>
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec [MELS] (2010). *Progression des apprentissages au secondaire Arts plastiques*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-arts-plastique-secondaire.pdf>
- Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ]. (2026). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/Numerique/Cadre-reference-competece-num.pdf>
- Monticone, U. (2020). *Tracés de Voyage : 20 Ans D'allers-Retours*. XYZ Éditeur.
- Ni, S. et Livingstone, D. (2025). AR and Gamification in Museum Apps: Current Challenges and Opportunities. *2025 11th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN) Proceedings - Selected Academic Contributions*, 51-61. <https://doi.org/10.56198/faj8aj28>
- Nieveen, N. et Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. Dans T. Plomp et N. Nieveen (dir.), *Educational Design Research. Part A: An introduction* (p. 152-169). Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Okita, R. (realis.). (2020). The book of distance. [Expérience en réalité virtuelle]. Dans Office nationale du film. [https://collection.nfb.ca/interactive/the\\_book\\_of\\_distance](https://collection.nfb.ca/interactive/the_book_of_distance)
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. et Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H. et Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Sanchez, É. et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, 9(2), 73-94. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2288>
- Silva, M. et Djavadi, A. (2025, 2 avril). *Comment les jeux vidéo en ligne transforment la vie sociale des adolescents*. <https://doi.org/10.64628/AAK.vjmqr6u7>

- Statistique Canada. (2025). *Les activités en ligne des jeunes Canadiens, la cybervictimisation et l'exposition à du contenu préjudiciable* (No 11-631-X).  
Gouvernement du Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-631-x/11-631-x2025002-fra.htm>
- Troche, R. (réalis.). (2020). We live here. [Expérience en réalité virtuelle]. Dans Meta. <https://www.meta.com/fr-ca/experiences/we-live-here/2537261906377373/>
- Wang, F. et Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>

## Schémes et méta-schémes : pour une évaluation située des compétences numériques

David Guigui  
*Université de Lille, France*

### Pour citer cet article :

Guigui, D. (2026). Schémes et méta-schémes : pour une évaluation située des compétences numériques. *Didactique*, 7(3), 73-91. <https://doi.org/10.37571/2026.0304>

**Résumé :** L'évaluation des compétences numériques transversales en formation professionnelle repose majoritairement sur l'observation de performances situées. Cette approche soulève une difficulté théorique majeure : comment attribuer une compétence réputée transversale à partir d'une production locale et singulière ? L'observation du résultat final ne donne pas accès aux processus cognitifs et organisationnels qui sous-tendent l'action, produisant des jugements évaluatifs instables et faiblement transférables. Cet article explore une alternative méthodologique ancrée dans l'analyse de l'activité. À partir d'un dispositif de théâtre d'expression de l'activité, nous analysons les schémas mobilisés dans une classe de situations spécifique — la mise en vis-à-vis d'éléments textuels — lors d'un exercice de mise en forme de curriculum vitae. Les résultats révèlent trois schémas distincts correspondant à des niveaux différenciés de conceptualisation. L'introduction de la notion de méta-schéma permet de rendre compte des mécanismes de transformation de ces organisations de l'action. Ces résultats plaident pour un déplacement du regard évaluatif, depuis les productions observables vers les processus de conceptualisation dans l'action. L'analyse des schémas constitue un indicateur pertinent du niveau de compétence et de son potentiel de transfert, offrant une voie renouvelée pour l'évaluation des compétences numériques transversales.

**Mots-clés :** évaluation des compétences, analyse de l'activité, schémas, compétences numériques.

## Introduction

L'évaluation des compétences dites « transversales », et notamment des compétences numériques, c'est-à-dire les capacités cognitives et opératoires qui sous-tendent l'utilisation efficace d'outils numériques dans des contextes variés, est un enjeu central en formation professionnelle.

Les compétences transversales peuvent ne concerner que la connaissance procédurale de fonctionnalités spécifiques (par exemple l'insertion d'un tableau dans Word), mais peuvent aussi toucher à des principes structurants de mise en forme documentaire (hiérarchie, alignement, disposition). Le qualificatif « transversal » peut signifier que des concepts peuvent être transférés d'un outil à l'autre (du traitement de texte au tableur, au logiciel de présentation...) ou qu'ils s'appliquent à des situations professionnelles ou personnelles variées.

L'évaluation de ces compétences repose le plus souvent sur l'observation de performances situées. Cette manière d'évaluer pose un problème théorique et méthodologique majeur : comment attribuer une compétence réputée transversale à partir d'une production locale, contextuelle et singulière ? De nombreux travaux ont mis en évidence les limites de cette logique inférentielle. Une performance observable ne constitue en effet qu'une trace partielle de l'activité et ne donne pas accès, en tant que telle, aux processus cognitifs et organisationnels qui la sous-tendent. L'évaluation tend alors à confondre le résultat d'une action avec les organisations de l'action qui rendent cette réussite possible, produisant des jugements instables et faiblement transférables.

C'est à partir de ce constat que s'inscrit la problématique de cet article : comment évaluer des compétences numériques transversales sans les réduire à des performances observables, et en accédant aux organisations de l'action qui structurent l'activité réelle des personnes ? Nous faisons l'hypothèse que l'analyse des schèmes mobilisés dans l'activité constitue un indicateur plus pertinent du niveau de compétence que l'examen du produit final. Cette hypothèse implique un déplacement du regard évaluatif, depuis les résultats visibles vers les processus de conceptualisation dans l'action, déplacement que nous explorons à travers un dispositif méthodologique original : le théâtre d'expression de l'activité. L'étude porte sur l'analyse d'une classe de situations spécifique — la mise en vis-à-vis d'éléments textuels — au sein d'un exercice standardisé de mise en forme de curriculum vitae.

Les résultats présentés mettent en évidence trois schèmes distincts, révélant des niveaux différenciés de conceptualisation dans la classe de situations retenue. Ils rendent aussi

visible un mécanisme d'appropriation par étapes, que nous analysons à travers l'introduction de ce que nous avons appelé des méta-schémas, qui permettent de rendre compte du mécanisme par lequel, une conduite dans une situation donnée peut se transformer.

Nous discutons enfin les apports et les limites de cette approche pour l'évaluation des compétences numériques transversales.

## **Cadre théorique**

### **L'impasse évaluative : quand la performance masque l'activité**

L'évaluation des compétences dites transversales repose le plus souvent sur un raisonnement inférentiel consistant à attribuer une compétence à partir de performances observables (Allal, 2002 ; Perrenoud, 1997 ; De Ketele, 2008). Une action ou une réussite est constatée, puis l'existence d'une compétence supposée est déduite. Cette inférence constitue un point de fragilité majeur : la performance observée ne représente qu'un échantillon de conduites possibles et ne saurait fonder, à elle seule, une conclusion générale sur la compétence (Allal, 2002).

Cette difficulté s'accroît lorsque l'évaluation porte sur des compétences qualifiées de transversales. Si les compétences ne sont repérables qu'en situation, leur prétendue transversalité pose un problème logique : comment généraliser ce qui n'est observable que dans des configurations singulières ? (Johsua, 2000). Crahay montre que l'exigence de tâches complexes et inédites conduit à une instabilité structurelle de l'évaluation : une solution trouvée ne peut plus servir de preuve lors de sa répétition, et la réussite ponctuelle ne permet pas d'attester une maîtrise durable ou transférable (Crahay, 2006).

Ces travaux convergent vers un constat commun : l'évaluation fondée sur la performance observable ne permet pas de rendre compte de manière fiable des compétences transversales. Il convient dès lors de déplacer l'objet même de l'évaluation, en accédant aux processus qui organisent l'activité effective. C'est précisément ce que permet le cadre théorique de l'analyse de l'activité.

## Les schèmes comme unités d'analyse de l'activité

### *Le schème comme organisation invariante de l'activité*

Le cadre théorique proposé par Vergnaud (1996) constitue un point d'ancrage central pour ce déplacement. Il affirme explicitement que « la compétence renvoie inéluctablement à l'analyse de l'activité » (Vergnaud, 1996, p. 283). L'action est organisée par des schèmes, entendus comme des organisations invariantes de la conduite pour une classe de situations donnée (Vergnaud, 1996). Ces organisations intègrent des invariants opératoires — concepts-en-acte et théorèmes-en-acte — qui rendent compte des raisonnements implicites mobilisés dans l'action. Vergnaud précise : « ce qui est invariant, c'est l'organisation de l'activité, pas l'activité elle-même » (Vergnaud, 1990, p. 290-291).

Vergnaud distingue clairement les formes opératoires de la connaissance (mise en œuvre dans l'action) des formes prédictives (exprimées en langage). Cette distinction permet de comprendre que toute action repose sur une conceptualisation : elle mobilise des concepts, des anticipations, des buts (Vergnaud, 1996), et ce cadre théorique du schème permet d'analyser aussi bien des gestes techniques que des raisonnements scientifiques ou des opérations de maintenance.

### *La construction et la transformation des schèmes dans l'activité*

Les travaux de Pastré (1999) prolongent cette approche en inscrivant l'analyse de l'activité dans le champ de la formation professionnelle. La didactique professionnelle « envisage l'analyse du travail comme un moyen de construire les situations de formation [...] et d'utiliser les situations de travail comme supports pour la formation des compétences » (Pastré, 1999, §17). L'originalité de ce positionnement réside dans sa capacité à articuler trois dimensions essentielles : la complexité des contextes professionnels, l'incertitude constitutive de l'action, qui implique des schèmes adaptatifs, et la co-transformation personne/environnement.

Pastré et al. (2006) soulignent que la confrontation à une situation inconnue engage un processus de « conceptualisation dans l'action » : la personne, dépourvue de schème opératoire stabilisé, procède par ajustements successifs, cherchant à comprendre les contraintes de la tâche et à identifier des leviers d'action pertinents. Ces ajustements passent par des essais-erreurs répétés, des manipulations exploratoires, l'activation de savoirs partiels qui ne constituent pas encore des invariants opératoires, mais qui amorcent leur construction.

Les schèmes se construisent et se transforment dans et par l'activité, sous l'effet des contraintes, des régulations et des instruments mobilisés. Pastré (1999) montre que ces organisations se construisent dans la durée de l'expérience et que les différences entre personnes se situent dans la manière dont l'activité est structurée, régulée et adaptée à des situations nouvelles. L'analyse des schèmes permet ainsi de rendre compte de trajectoires développementales différenciées et d'identifier les obstacles rencontrés dans la conceptualisation.

Les travaux de Clot et Faïta (2000) approfondissent cette perspective en montrant que l'écart entre le prescrit et le réel n'est pas un défaut à corriger, mais un espace constitutif de l'activité. « Le réel de l'activité excède toujours ce qui est effectivement réalisé » (Clot & Faïta, 2000, p. 17). Les erreurs, empêchements et conflits de normes deviennent alors des indices centraux pour comprendre l'activité réelle et les compétences qui s'y construisent. Cette approche permet de saisir la dynamique interne de l'activité au-delà de sa conformité apparente à un modèle attendu.

Les travaux de Piaget (1977) complètent ce cadre avec le concept d'abstraction réfléchissante : la personne parvient à généraliser et à transférer des règles d'action en construisant une compréhension plus intégrée de la situation. Ce processus de généralisation progressive permet la stabilisation et la réutilisation des schèmes dans d'autres contextes. Ainsi, la transformation d'un schème n'est pas seulement adaptative ; elle peut être le fruit d'une reconstruction cognitive à un niveau supérieur d'organisation.

Cette perspective développementale trouve un prolongement dans les travaux de Pierre Rabardel. La distinction proposée par Samurçay et Rabardel (2004) entre activité productive — orientée vers la réalisation de la tâche — et activité constructive — orientée vers l'élaboration des ressources internes du sujet — pose que toute action transforme simultanément le monde et celui qui agit dessus. Dans ce cadre, les schèmes sont autant des organisations stables pour une classe de situations que les produits et les supports de l'activité constructive. La notion de *sujet capable* développée par Rabardel (Rabardel & Pastré, 2005) reformule la question du développement en distinguant la *capacité d'agir* — l'ensemble des ressources disponibles — du *pouvoir d'agir* — leur dimension effective et circonstanciée dans l'action réelle. Seul ce second plan est directement accessible dans les traces de l'activité. C'est ce que le théâtre d'expression de l'activité vise en particulier à rendre observable.

*Situations didactiques et révélation des schèmes*

Si les schèmes organisent l'activité de manière souvent implicite, leur observation nécessite un dispositif méthodologique qui permette de les rendre visibles. La théorie des situations didactiques, telle qu'elle est synthétisée par Kuzniak (2005) à partir des travaux de Brousseau (1998), apporte un cadre complémentaire en montrant que certaines situations, construites intentionnellement, peuvent contraindre l'activité de manière à révéler les schèmes mobilisés.

Dans une situation didactique conçue à cet effet, les interactions avec le milieu, les rétroactions, les ajustements et les erreurs deviennent des indices de la conceptualisation en cours. Le milieu didactique constitue un système de contraintes qui permet de faire émerger les raisonnements implicites et les invariants opératoires sans nécessiter de verbalisation de la part du sujet. Cette approche est précieuse pour l'évaluation des compétences, car elle déplace le regard du produit de l'action vers les processus qui l'organisent.

Dans la méthodologie, nous présentons un dispositif qui s'inscrit dans cette logique : il vise à créer un environnement contrôlé où l'activité est à la fois authentique (par la tâche proposée) et observable (par les traces enregistrées), permettant ainsi de reconstruire les schèmes à partir des régularités d'action et des régulations observées.

**Un problème analytique : observer les organisations de l'activité constructive**

La dialectique productif/constructif, indiquant que l'activité transforme simultanément le réel et le sujet, établit ainsi que le sujet construit et transforme ses ressources. Cependant elle ne propose pas d'outil pour analyser les régularités de cette transformation dans des traces observables. De même, les travaux sur les schèmes (Vergnaud, 1996) décrivent finement la structure interne d'une organisation de l'activité stabilisée, ainsi que la conceptualisation dans l'action comme processus (Pastré et al., 2006). Ce qui reste peu outillé, c'est l'analyse des modes d'organisation de l'activité qui caractérisent spécifiquement la construction même des schèmes, tels qu'ils sont observables dans les traces de l'activité productive.

Une question se pose alors : peut-on identifier, dans les traces de l'activité effective, des régularités qui décrivent non pas l'action sur la tâche, mais l'activité de construction de nouvelles règles d'action ? Comment nommer et analyser ces organisations qui caractérisent l'apprentissage en train de se faire — l'exploration tâtonnante, la stabilisation progressive, la généralisation ?

## Méthodologie

Notre proposition méthodologique s'inscrit dans la perspective de la théorie de l'activité (Leontiev, 1978) et distingue les notions d'activité, d'action et d'opération. L'activité est orientée par un motif, qui lui confère sa signification générale. Elle se réalise à travers des actions, chacune guidée par un but conscient, elles-mêmes mises en œuvre au moyen d'opérations, plus ou moins automatisées, ajustées aux conditions matérielles et techniques de la situation.

Notre observation a été menée auprès de treize personnes apprenantes-stagiaires d'une École de la Deuxième Chance (E2C) de Sevrans (93). Les E2C constituent un dispositif national de formation et d'insertion professionnelle destiné à des jeunes de 16 à 25 ans sortis du système scolaire sans qualification ni diplôme. Le parcours proposé combine remise à niveau des compétences de base (lecture, écriture, calcul, numérique), découverte des métiers par stages en entreprise, et accompagnement individualisé vers l'emploi ou la formation qualifiante. Les treize personnes observées, âgés de 18 à 24 ans, avaient tous suivi entre trois et cinq mois de remise à niveau, incluant des ateliers d'utilisation de Word.

L'exercice observé s'inscrivait dans le cadre de ces activités, sans constituer une évaluation certificative. Les personnes apprenantes-stagiaires avaient donné leur consentement après information sur les objectifs de la recherche, et l'anonymisation des données leur avait été garantie. L'exercice consistait à reproduire un curriculum vitae formaté à partir d'un modèle imprimé qui leur était fourni. Chaque apprenant-stagiaire disposait d'un poste informatique individuel équipé de la suite Microsoft Office. La durée effective a varié de 24 à 42 minutes (moyenne : 35 minutes).

## Le théâtre d'expression de l'activité

Nous avons construit un dispositif méthodologique que nous avons nommé « théâtre d'expression de l'activité », en référence aux trois unités du théâtre classique (lieu, temps, action) pour désigner un cadre d'observation contrôlé visant à rendre l'activité observable à travers les traces qu'elle produit.

Ce dispositif se distingue d'une situation-problème visant l'apprentissage (Meirieu, 1987) : il rend visible comment les personnes apprenantes mobilisent leurs ressources conceptuelles. Il diffère également d'une situation adidactique (Brousseau, 1998), car l'objectif n'est pas l'apprentissage par adaptation autonome, mais la révélation des conceptualisations par les rétroactions de l'environnement. Comme dans une situation adidactique, nous minimisons toutefois les biais liés à la présence de l'équipe de recherche.

Enfin, contrairement à l'auto-confrontation (Clot & Faïta, 2000) qui sollicite la réflexivité sur l'activité passée, notre dispositif observe l'activité en train de se faire, sans intervention ni verbalisation, afin d'accéder aux invariants opératoires tels qu'ils se manifestent dans l'action.

Pour mettre en œuvre ce dispositif, une situation-problème authentique a été choisie — ici un exercice standardisé de mise en forme de curriculum vitae à partir d'un texte brut — dans un environnement contrôlé. L'activité s'est déroulée sans intervention directe du formateur. L'ensemble de l'activité à l'écran a été enregistré intégralement à l'aide du logiciel OBS, constituant un corpus de plus de huit heures de données vidéo, soit environ trente-cinq minutes par apprenant.

### **Procédure d'analyse des données**

L'analyse repose sur le découpage systématique des enregistrements en actions, donc séquences avec un but identifiable, comprenant chacune plusieurs opérations. Sur le corpus, 1986 actions ont été identifiées, décomposées en 8107 opérations.

Chaque action a été codée selon plusieurs dimensions : type d'outil, zone du document, durée, présence d'hésitations et résultat. Le codage, réalisé par une seule personne, a fait l'objet d'une double vérification sur 50 % du corpus.

L'analyse comparative, de type inductif (inspirée de Glaser & Strauss, 1967), a permis de dégager de nombreuses activités récurrentes. Nous n'en retenons que six catégories ici, celles qui structurent la classe de situations analysée dans cet article :

- Ajustements locaux par espacement manuel ;
- Installation de repères spatiaux constants (tabulations, retraits) ;
- Usage d'outils structurants (tableaux, colonnes) ;
- Corrections a posteriori ;
- Exploration de fonctionnalités ;
- Validation visuelle.

L'identification des concepts-en-acte mobilisés par les personnes apprenantes-stagiaires s'est faite par l'analyse des régularités dans leurs actions. Un concept-en-acte est inféré lors d'une utilisation systématique d'un outil ou d'une stratégie pour répondre à une

contrainte récurrente de la situation. Par exemple, l'usage répété de la barre d'espacement a fait inférer le concept à *côté de*, tandis que celui des tabulations a révélé un concept d'*alignement relatif constant*. L'insertion d'un tableau a, quant à elle, suggéré un concept de *relation fonctionnelle*.

La typologie des trois schèmes a été construite en trois temps. Un premier temps d'identification, pour chaque apprenant, des modes d'organisation dominants de l'activité. Un deuxième temps de regroupement des treize trajectoires selon des similarités fortes dans l'organisation de l'action, les concepts-en-acte mobilisés et les outils privilégiés, faisant émerger trois groupes distincts. Et enfin, un temps de caractérisation de chaque schème en reconstruisant ses composantes à partir des invariants observés dans chaque groupe.

La robustesse de la typologie a été validée par triangulation en vérifiant la récurrence de chaque schème chez plusieurs apprenants. En analysant les productions finales pour confirmer que les schèmes différents produisaient des résultats de qualité et de stabilité variables. Et enfin nous avons comparé ces observations avec les schèmes d'une utilisatrice experte, permettant de situer les trois schèmes sur un continuum développemental et de valider que le schème 3 correspondait à une organisation experte.

### Schèmes et méta-schèmes

Comme indiqué dans notre cadre théorique, l'analyse s'appuie sur la notion de schème (Vergnaud, 1996), mais l'analyse nous a montré que cette notion ne nous permet pas de rendre compte de l'ensemble des phénomènes observés.

C'est pourquoi nous introduisons la notion de méta-schème pour désigner les organisations de l'activité qui ne visent pas la réalisation immédiate de la tâche, mais la construction, la stabilisation ou la transformation des schèmes — c'est-à-dire à la fois des invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte, Vergnaud, 1996) et des règles d'action qui structurent l'activité.

Contrairement à une approche normée ou externe, ces organisations ne constituent pas un niveau de contrôle superposé aux schèmes : elles émergent directement des traces observables de l'activité effective, là où Vergnaud lui-même soulignait que « ce qui est invariant, c'est l'organisation de l'activité, pas l'activité elle-même » (Vergnaud, 1990, p. 290-291).

En cela, les méta-schémas relèvent pleinement de l'activité constructive (Rabardel & Samurçay, 2004), c'est-à-dire de la dimension effective et située du pouvoir d'agir (Gouédard & Bationo-Tillon, 2022). Ils ne décrivent donc pas ce que le sujet pourrait faire en théorie, mais comment il organise concrètement son activité pour faire évoluer ses schémas — un processus accessible dans les traces, car il se manifeste par des régularités observables (essais, ajustements, stabilisations).

Dans l'activité observable, les *méta-schémas* sont inférés à partir d'indices caractéristiques, tels que : la capacité d'anticipation des transformations du document, le maintien d'une cohérence organisationnelle face à des contraintes variables, ou le transfert efficace d'une structure d'action vers une nouvelle situation sans recours à des ajustements locaux répétés.

### **Classe de situations retenue : la mise en vis-à-vis d'éléments textuels**

Dans le cadre de cet article, nous nous concentrons sur la classe de situations de mise en vis-à-vis d'éléments textuels. Elle regroupe les actions visant à organiser spatialement des blocs de texte en relation les uns avec les autres, via des alignements, des colonnes, des positionnements relatifs, et la gestion des marges et des espacements.

Cette classe de situations présente trois caractéristiques constantes :

1. La nécessité d'établir une correspondance visuelle stable entre au moins deux ensembles d'informations textuelles (ex. : associer des dates et des expériences) ;
2. L'existence de multiples solutions techniques pour réaliser cette mise en relation (espacement manuel, tabulations, tableaux, etc.). Le choix de l'outil révèle directement quelle est la conceptualisation de la relation entre les éléments que la personne utilisatrice mobilise ;
3. L'engagement de choix structurants sur le lien entre forme et contenu. La mise en vis-à-vis démontre une relation (temporelle, catégorielle, hiérarchique) entre les éléments et engage la lisibilité et la cohérence du document pour son destinataire.

À partir de cette classe de situations, l'analyse identifie et compare les schémas qui organisent l'action. Les résultats présentés dans la section suivante exposent les différents schémas observés et les niveaux de conceptualisation qu'ils révèlent.

## Résultats

L'analyse de la classe de situations décrite met en évidence trois schèmes différenciés. Ils sont décrits par le Tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1.**

### *Critères de différenciation des trois schèmes*

| Critères                    | Schème 1 : Ajustements locaux                                                              | Schème 2 : Repères stabilisés                                                                    | Schème 3 : Organisation relationnelle                                                                 |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organisation de l'action    | Ajustements successifs au fil de l'activité, sans planification                            | Installation de repères spatiaux constants dès le début                                          | Structure relationnelle anticipée, outils fonctionnels                                                |
| Concepts-en-acte mobilisés  | Relations spatiales immédiates : « à côté de », « en dessous de », « aligné visuellement » | Relations spatiales constantes : « même retrait », « tabulation régulière », « espacement fixe » | Relations fonctionnelles : « zone structurée », « correspondance catégorielle », « mise en relation » |
| Outils privilégiés          | Barre d'espacement, retour à la ligne, sélection manuelle                                  | Tabulation, retraits gauche/droite, styles de paragraphe                                         | Tableau, colonnes, zones de texte, fonctions de mise en page                                          |
| Stabilité du résultat       | <b>Faible</b> : nombreuses corrections nécessaires, fragile face aux modifications         | <b>Partielle</b> : ajustements ponctuels nécessaires, mais structure maintenue                   | <b>Élevée</b> : cohérence d'ensemble préservée, robuste face aux modifications                        |
| Rétroaction utilisée        | Retour visuel immédiat uniquement                                                          | Retour visuel + repères spatiaux intégrés                                                        | Retour visuel + validation de la structure logique                                                    |
| Théorèmes-en-acte dominants | « Pour aligner, il faut ajouter des espaces »                                              | « Un retrait constant maintient l'alignement »                                                   | « Un tableau structure la relation entre catégories »                                                 |
| Niveau de conceptualisation | Perceptif (basé sur l'apparence visuelle)                                                  | Spatial stabilisé (repères constants)                                                            | Fonctionnel (relations logiques entre zones)                                                          |
| Efficience                  | Faible (nombreuses actions pour résultat fragile)                                          | Moyenne (actions ciblées, mais ajustements nécessaires)                                          | Élevée (peu d'actions pour résultat stable)                                                           |

## Les schèmes mobilisés

### *Schème 1 — Ajustements locaux*

Le premier schème identifié correspond à une organisation de l'action faiblement conceptualisée, fondée sur des ajustements locaux successifs. L'activité vise avant tout l'obtention d'un rendu visuel jugé acceptable, sans anticipation de la structure globale du document ni utilisation d'outils plus efficaces de mise en forme. La mise en vis-à-vis d'éléments textuels est produite par une succession d'actions ponctuelles — déplacements manuels, insertions d'espaces ou de retours à la ligne — déclenchées par la rétroaction visuelle immédiate à l'écran.

L'analyse des traces montre que les décisions sont prises localement, au fil de l'activité, sans construction d'une organisation opératoire stable. Toute modification du contenu ou de la mise en forme (ajout d'un élément, changement typographique, ajustement des marges) entraîne une désorganisation partielle ou totale de la mise en vis-à-vis, nécessitant de nouveaux ajustements. L'activité se développe ainsi sous la forme d'une régulation continue, mais sans stabilisation durable de l'action.

Du point de vue conceptuel, ce schème se caractérise par la mobilisation d'un nombre très restreint de concepts-en-acte, exclusivement liés à des relations spatiales immédiates. Ces concepts restent implicites, non articulés entre eux et strictement dépendants de la perception du rendu graphique. Aucun concept structurant n'est mobilisé de manière identifiable. Aucune fonction permettant de stabiliser le rendu visuel n'est mise en œuvre.

Ce schème correspond à un bas niveau de conceptualisation. Il peut conduire à une production formellement (ou disons visuellement) acceptable, mais il présente une forte fragilité structurelle : cette mise en vis-à-vis n'est pas stable, elle ne peut s'adapter à des contraintes nouvelles et peut être perturbée par toute modification de la structure.

Les données d'observation montrent que plusieurs utilisateurs organisent leur activité selon ce schème d'ajustements locaux. Ainsi, chez Loup, l'action n° 3 (*déplacer texte*, 00:00:39) consiste à sélectionner un bloc textuel et à le repositionner afin de le rapprocher visuellement d'un autre élément. Cette action est immédiatement suivie d'une série de corrections locales mobilisant la barre d'espacement à de nombreuses reprises, sans recours à un repère spatial stabilisé.

Le même utilisateur reproduit ce mode d'organisation à plusieurs moments de l'activité, avec un usage répété de la barre d'espacement en lieu et place de fonctions de structuration,

telles que les retraits ou les tabulations. Ces dernières ne sont mobilisées que très tardivement et de manière marginale.

Sur l'ensemble du corpus, cinq utilisateurs organisent une part significative de leur activité autour de ce schème, mobilisant la barre d'espacement sur au moins une vingtaine d'actions, pour un total de plusieurs centaines d'opérations élémentaires. Il est toutefois notable que, dès l'introduction d'un instrument de repérage spatial plus stable, l'usage de la barre d'espacement disparaît quasi totalement, ce qui marque un changement net dans l'organisation de l'action et l'abandon progressif du schème d'ajustements locaux.

### *Schème 2 — Structuration par repères stabilisés*

Le deuxième schème identifié dans cette classe de situations correspond à une organisation de l'action plus structurée que dans le schème précédent. La mise en vis-à-vis n'est plus produite exclusivement par des ajustements locaux perceptifs, mais par l'installation de repères spatiaux relativement stables, servant de supports à l'action.

Les données du corpus montrent que ce schème est principalement mobilisé par Ismael, Gabrielle, Laurence et Santiago, qui recourent de manière répétée à des retraits et à des tabulations pour organiser les éléments textuels en regard les uns des autres.

Chez Laurence, l'installation de repères stabilisés est particulièrement nette. À partir de l'action n° 41 (*retrait droite*, 00:08:15), elle ajuste à plusieurs reprises le retrait du paragraphe afin d'aligner les éléments d'une même rubrique. Cette organisation est ensuite maintenue et affinée par une série d'actions successives (*actions* n° 45, 48, 49, 52 à 60, entre 00:08:58 et 00:10:58), montrant une recherche de stabilisation d'un repère commun. L'usage de la barre d'espacement disparaît presque totalement au profit de ces réglages de retrait.

On observe un fonctionnement comparable lors de la phase suivante, où Laurence mobilise la tabulation pour aligner des items de compétences : les actions n° 70 à 74 (*clic puis touche tabulation*, entre 00:13:39 et 00:13:42) témoignent d'une volonté explicite de maintenir un alignement constant entre les éléments textuels, indépendamment de leur longueur.

Chez Santiago, l'usage de la fonction retrait apparaît également comme un moyen de structurer durablement la mise en vis-à-vis. Les actions de type *retrait droite* sont répétées sur plusieurs lignes consécutives, indiquant que l'alignement n'est pas corrigé localement, mais pensé comme une propriété à maintenir pour l'ensemble de la zone concernée.

Ces observations traduisent un enrichissement cumulatif des concepts-en-acte mobilisés. Aux relations spatiales immédiates du schème 1 (*à côté de, en dessous de, proximité visuelle*) s'ajoutent des concepts tels que *alignement, colonne, zone* ou *repère constant*. Les théorèmes-en-acte qui organisent l'action peuvent être formulés ainsi : « si un même repère est utilisé pour tous les éléments d'une catégorie, alors la mise en vis-à-vis est plus stable » ; « si l'alignement est maintenu, alors la lisibilité du document est assurée ».

Ce schème permet une meilleure stabilité de la mise en vis-à-vis et une réduction des régulations correctives observées dans le schème 1. Il demeure néanmoins partiellement fragile : des modifications importantes du contenu ou du format peuvent encore entraîner des reprises. La mise en vis-à-vis est principalement pensée comme une disposition graphique cohérente et non encore comme une relation fonctionnelle pleinement conceptualisée entre des éléments textuels porteurs de sens. Il correspond ainsi à un deuxième niveau de conceptualisation, marquant une progression nette par rapport au schème 1.

### *Schème 3 — Organisation relationnelle et conceptualisation fonctionnelle*

Ce troisième schème marque une transformation qualitative : la mise en vis-à-vis n'est plus conçue comme une disposition spatiale, mais comme l'expression de relations fonctionnelles entre des unités d'information porteuses de sens. L'objectif est de rendre visibles des correspondances sémantiques (ex. : *date/expérience/lieu*) par une structure documentaire cohérente, ce qui peut impliquer l'usage de fonctions spécifiques, comme la création de colonnes ou de tableaux.

Dans notre corpus, ce schème n'apparaît pas pleinement stabilisé chez les personnes apprenantes, mais des manifestations partielles et significatives sont observables. Par exemple, Ismael insère un tableau pour établir une correspondance stable entre catégories d'information, expliquant que cela permet de maintenir la relation entre les éléments malgré les variations de texte. Il utilise également la fonction *dessiner un tableau*, confirmant une intention de structuration relationnelle. Karl mobilise ponctuellement cet outil. Ces actions, bien qu'exploratoires, manifestent une tentative de dépasser les ajustements locaux des schèmes 1 et 2.

Pour valider la pertinence développementale de cette typologie, l'activité des personnes apprenantes a été comparée à celle d'une utilisatrice experte, Sophie. Son analyse révèle une organisation systématique dès le départ par des outils structurants (tableaux, colonnes, zones de texte), sans aucun ajustement manuel par espacement. Cette conceptualisation

fonctionnelle stabilisée contraste avec l'usage encore hésitant et partiel des outils structurants observé chez les personnes apprenantes, confirmant que le schème 3 représente un horizon développemental expert.

Conceptuellement, ce schème enrichit les concepts spatiaux des schèmes précédents (alignement, colonne) avec des concepts fonctionnels tels que relation, correspondance ou catégorie informationnelle. Les théorèmes-en-acte sous-jacents peuvent se formuler ainsi : « si des éléments appartiennent à la même catégorie fonctionnelle, alors leur relation doit être rendue visible » ou « si la structure explicite les relations, alors la lisibilité est maintenue malgré les variations de contenu ».

Le schème 3 correspond ainsi au niveau de conceptualisation le plus élevé observé. Bien que rarement stabilisé chez les personnes apprenantes, il constitue l'horizon de développement de la formation, marquant le passage d'une logique d'ajustement spatial à une logique de modélisation relationnelle du document. Ces trois schèmes ne sont pas des états figés, mais des niveaux dont la construction et la transformation sont éclairées par l'analyse des méta-schèmes.

### Progression et conceptualisation

Comme explicité dans la méthodologie, les méta-schèmes décrivent les organisations de l'activité qui portent non plus sur la résolution directe de la tâche, mais sur la transformation, la stabilisation ou la généralisation des schèmes mobilisés. L'analyse des trajectoires observées met en évidence trois types de méta-schèmes qui rendent compte de la dynamique développementale entre les niveaux de conceptualisation identifiés.

**Tableau 2.**

*Répartition par schème dominant et méta-schème observé*

| Personne         | Schème dominant               | Méta-schème observé                                                               |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Loup             | Schème 1 → Schème 2           | Consolidation (action n° 174)                                                     |
| Ismael           | Schème 2 + émergence Schème 3 | Exploration (actions n° 38, 76)                                                   |
| Karl             | Schème 2 + émergence Schème 3 | Exploration (action n° 34)                                                        |
| Laurence         | Schème 2                      | Consolidation (actions n° 41–60)                                                  |
| Santiago         | Schème 2                      | Consolidation — structuration par retraits maintenue sur l'ensemble des rubriques |
| Sophie (experte) | Schème 3                      |                                                                                   |

NB : Huit apprenants-stagiaires relevant du schème 1 n'ont pas présenté de méta-schème de consolidation ou d'exploration identifiable dans les traces, ils ne sont donc pas indiqués dans ce tableau.

En amont d'un schème stabilisé, la personne utilisatrice peut mobiliser un méta-schème d'exploration. Il consiste à tester des possibilités offertes par l'environnement sans que l'action soit encore organisée de manière durable. C'est ce que l'on observe chez Ismael : aux actions n° 38 (00:10:21) et n° 76 (00:17:46), il insère puis dessine un tableau pour organiser des informations, mais revient à des procédures plus locales sans généraliser cette tentative. La personne utilisatrice éprouve une solution possible, mais ne transforme pas durablement ses règles d'action dominantes : le tableau reste une ressource testée localement, non un principe organisateur intégré. Karl présente un profil similaire (action n° 34, 00:11:01).

Le passage effectif d'un schème à un autre suppose ensuite un méta-schème de consolidation. Il apparaît lorsque les ajustements locaux deviennent trop coûteux et que la personne utilisatrice cherche une organisation plus stable. L'objectif est alors de stabiliser des règles d'action et des invariants opératoires qui rendent l'action plus économique et plus robuste.

Ce processus est observable chez Loup, qui passe du schème 1 au schème 2 à partir de l'action n° 174 : il mobilise alors la touche tabulation pour organiser la mise en vis-à-vis et cesse d'utiliser la barre d'espacement, massivement sollicitée en début d'exercice. La personne utilisatrice remplace donc une logique d'ajustement perceptif par un repère constant.

Enfin, la didactique professionnelle met l'accent sur le fait que l'expérience peut conduire à une restructuration de l'organisation de l'action, lorsque certaines régulations deviennent des principes plus généraux et transférables. Dans notre cadre, cela correspond à un méta-schème de conceptualisation, lorsque la personne utilisatrice transforme non seulement ses règles d'action, mais aussi ses théorèmes-en-acte et ses concepts-en-acte, en rendant l'organisation plus générale et moins dépendante du contexte immédiat. Ce processus est difficile à établir directement avec des traces instrumentées seules, mais il peut être inféré à partir d'indices convergents : anticipation des transformations, stabilité de l'organisation malgré la variation du contenu ou encore faible coût de régulation.

**Tableau 3.***Description des méta-schèmes*

| Méta-schème       | Caractéristiques                                                      | Effet sur l'activité                        |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Exploration       | Tests ponctuels d'instruments sans stabilisation durable              | Ouverture de possibles sans restructuration |
| Consolidation     | Stabilisation de règles d'action face au coût des ajustements locaux  | Économie de l'action et robustesse accrue   |
| Conceptualisation | Transformation des invariants opératoires vers des principes généraux | Transfert et généralisation possibles       |

**Conclusion**

Cet article visait à interroger les conditions d'une évaluation pertinente des compétences numériques dites *transversales*, en dépassant une approche fondée exclusivement sur la performance observable. À partir d'un dispositif de théâtre d'expression de l'activité et de l'analyse fine d'une classe de situations — la mise en vis-à-vis d'éléments textuels dans un document numérique — nous avons montré que des productions formellement proches peuvent reposer sur des organisations de l'action profondément différentes, engageant des niveaux de conceptualisation hétérogènes.

L'identification de trois schèmes distincts, empiriquement fondés sur l'observation de l'activité réelle, met en évidence que la compétence ne saurait être inférée de manière fiable à partir du seul résultat final, mais qu'elle peut être décrite finement à travers des schèmes pour des actions identifiées regroupées en classes de situations.

L'introduction de la notion de méta-schème permet d'éclairer les mécanismes de transformation de ces organisations de l'action. Elle offre un cadre analytique pour comprendre comment les personnes passent d'ajustements locaux à des formes de modélisation anticipée, en opérant successivement des processus d'exploration, de consolidation, de conceptualisation et de généralisation. Ces résultats confirment que la compétence numérique transversale ne se réduit ni à la maîtrise d'outils, ni à l'accumulation de procédures, mais repose sur la capacité à construire et transformer des organisations conceptuelles de l'action.

D'un point de vue évaluatif, ce travail plaide pour un déplacement du regard : évaluer la compétence suppose d'accéder aux processus effectifs d'appropriation et de conceptualisation, et non de se limiter à des indicateurs de conformité ou de réussite ponctuelle. L'analyse des schèmes constitue, à cet égard, un levier puissant pour discriminer des niveaux de compétence invisibles dans les productions finales, tout en rendant compte de leur potentiel de transfert.

Le dispositif du théâtre d'expression de l'activité se distingue des cadres dont il est voisin sur un point décisif : il ne vise ni l'apprentissage par adaptation autonome — comme la situation adidactique (Brousseau, 1998) — ni la reconstruction réflexive de l'activité passée — comme l'auto-confrontation (Clot & Faïta, 2000). Il construit un espace d'observation de l'activité en acte, à partir duquel les schèmes peuvent être inférés sans verbalisation ni intervention.

La notion de méta-schème, construite empiriquement à partir des régularités observées dans les trajectoires des personnes apprenantes, ne désigne pas un niveau de pilotage externe, mais une organisation de l'activité orientée vers la transformation des schèmes en cours de construction.

Cette recherche invite à concevoir des situations d'évaluation capables de faire émerger les organisations de l'action, et à penser l'accompagnement des personnes apprenantes non comme une correction des formes produites, mais comme un soutien au développement de schèmes et de méta-schèmes plus conceptuellement élaborés. Cette perspective s'inscrit dans le prolongement des travaux de Vergnaud (2006) qui souligne dans sa recension de Rabardel et Pastré (2005) que la dialectique entre activité productive et constructive est centrale pour comprendre le développement des compétences. Les méta-schèmes, en tant qu'outils analytiques, permettent alors d'opérationnaliser cette dialectique à partir des traces observables. Ainsi, l'évaluation située de l'activité apparaît comme une voie féconde pour repenser l'évaluation des compétences numériques dans leur dimension véritablement transversale.

## Références bibliographiques

- Allal, L. (2002). Acquisition et évaluation des compétences en situation scolaire. Dans J. Dolz et E. Ollagnier (dir.), *L'énigme de la compétence en éducation* (p. 77-94). De Boeck.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage.

- Clot, Y., & Faïta, D. (2000). Genres et styles en analyse du travail : Concepts et méthodes. *Travailler*, 4, 7-42. <https://doi.org/10.3917/trav.004.0007>
- Crahay, M. (2006). Dangers, incertitudes et incomplétudes de la logique de la compétence en éducation. De Boeck.
- De Ketele, J.-M. (2008). L'évaluation des compétences : Une entreprise complexe. *Revue Française de Pédagogie*, 162, 57-68. <https://doi.org/10.4000/rfp.926>
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine Publishing Company.
- Gouédard, C., & Bationo-Tillon, A. (2022). La conception du pouvoir d'agir selon Pierre Rabardel : quelles filiations conceptuelles avec Gérard Vergnaud ? *Bulletin de psychologie*, 578(4), 347–356. <https://doi.org/10.3917/bupsy.578.0347>
- Johsua, S. (2000). La popularité pédagogique de la notion de compétence peut-elle se comprendre comme une réponse inadaptée à une difficulté didactique majeure ? *Revue Française de Pédagogie*, 132, 115-128. <https://doi.org/10.3406/rfp.2000.1036>
- Kuzniak, A. (2005). La théorie des situations didactiques de Brousseau. *Repères IREM*, 61, 19-35.
- Leontiev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Prentice-Hall.
- Meirieu, P. (1987). *Apprendre... oui, mais comment*. ESF Éditeur.
- Pastré, P. (1999). La conceptualisation dans l'action : Bilan et nouvelles perspectives. *Éducation Permanente*, 139, 13-35. <https://cnam.hal.science/hal-02279882/document>
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle : Note de synthèse. *Revue Française de Pédagogie*, 154, 145-198. <https://doi.org/10.4000/rfp.157>
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. Dans R. Samurçay et P. Pastré (dir.), *Recherches en didactique professionnelle* (p. 163–180). Octarès.
- Perrenoud, P. (1997). *Construire des compétences dès l'école*. ESF Éditeur.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Presses Universitaires de France.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. Dans J.-M. Barbier (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 275-292). Presses Universitaires de France.
- Vergnaud, G. (2006). [Compte rendu de] Rabardel, P., & Pastré, P. (dir.), *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques, activités, développement*. Toulouse : Octarès, 2005. *Revue française de pédagogie*, 154(1), 24–24. <https://doi.org/10.4000/rfp.205>

# Caractéristiques des activités de développement professionnel dédiées au personnel enseignant combinant la créativité et l'usage pédagogique du numérique

Jérémie Bisaillon, Stéphane Villeneuve et Alain Stockless  
*Université du Québec à Montréal, Canada*

## Pour citer cet article :

Bisaillon, J., Villeneuve, S. et Stockless, A. (2026). Caractéristiques des activités de développement professionnel dédiées au personnel enseignant combinant la créativité et l'usage pédagogique du numérique. *Didactique*, 7(3), 92-116.  
<https://doi.org/10.37571/2026.0305>

**Résumé :** L'usage créatif du numérique est complexe, justifiant que le personnel enseignant y soit formé. Si les écrits scientifiques observent des bénéfices à la mobilisation de la créativité dans les activités de développement professionnel (DP), notamment pour l'usage pédagogique du numérique, ils s'intéressent rarement aux caractéristiques de ces activités. Dans une volonté de clarifier et de contextualiser le concept de créativité en enseignement, il est apparu pertinent d'identifier les liens entre les dimensions de la créativité et les dimensions des activités de DP. Pour ce faire, une étude multicas a été mise en place, permettant l'analyse de cinq activités de DP destinées au personnel enseignant du secondaire. Il a notamment été possible de constater que certaines postures étaient valorisées en situation de formation pour favoriser l'usage créatif du numérique. De plus, l'opérationnalisation de la créativité est apparue parfois complexe, justifiant des activités d'apprentissage et un accompagnement adaptés à l'hétérogénéité du niveau de compétence numérique du personnel enseignant en formation. C'est dans cette optique qu'un continuum est proposé pour réfléchir à la conception des dispositifs de formation et d'accompagnement combinant la créativité et l'usage pédagogique du numérique.

**Mots-clés :** développement professionnel, créativité, usage pédagogique du numérique, formation continue, personne conseillère pédagogique.

## Introduction

Cet article s'intéresse à la présence de la créativité dans les activités de développement professionnel (DP) au numérique du personnel enseignant au secondaire. Dans un contexte où la définition de la créativité ne fait pas consensus en recherche (*The Society for the Neuroscience of Creativity*, 2024), il est possible de s'interroger sur l'opérationnalisation du concept en situation de formation au numérique en enseignement. Dans une première section de l'article, la place de la créativité dans la société au 21<sup>e</sup> siècle, dans les curriculums scolaires ainsi que dans les activités de DP en enseignement sera précisée. Cette contextualisation permettra de mieux saisir la problématique entourant l'opérationnalisation du concept dans la réalité. Deuxièmement, les concepts de créativité et d'activité de DP au numérique en enseignement seront circonscrits, puis les objectifs spécifiques de la recherche seront énoncés. L'étude multicas mise en place sera décrite dans une troisième section. Quatrièmement, les principaux résultats obtenus seront présentés en fonction de chacun des objectifs spécifiques. L'article se conclura par une discussion des résultats qui mettra de l'avant la principale contribution de cette recherche : un continuum des activités de DP portant sur l'usage créatif du numérique en enseignement.

## Créativité du personnel enseignant

Autrefois considérée comme une aptitude innée, la créativité est aujourd'hui reconnue comme une compétence qui se développe, s'enseigne et s'apprend (Green et al., 2017 ; Rose et Lin, 1984 ; Scott et al., 2004). Si l'intérêt pour cette compétence et son potentiel émancipateur ne date pas d'hier (p. ex., Guilford, 1950), la pertinence de son développement est réaffirmée, comme en témoigne la place qui y est accordée dans de nombreux curriculums scolaires et référentiels de compétences à travers le monde (International Society for Technology in Education [ISTE], 2019 ; Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2026 ; Vuorikari et al., 2022). Dans le contexte d'une utilisation accrue des technologies numériques et d'accélération des innovations technologiques, la créativité constitue une dimension de la compétence numérique du référentiel de compétences professionnelles dédié au personnel enseignant au Québec (MEQ, 2020). Toutefois, sachant que l'usage du numérique requiert déjà une combinaison complexe de savoirs pédagogiques, technologiques et disciplinaires (Mishra et Koehler, 2006 ; Koehler et Mishra, 2009), l'usage créatif des technologies numériques représente un défi de taille, justifiant de former les enseignantes et enseignants à cet égard.

Terzidis et Darbellay (2017, p.124) affirment que la mobilisation d'attitudes et d'habiletés créatives en situation de formation en enseignement assure un « développement professionnel durable », favorisant une ouverture et une flexibilité devant les changements en éducation. Parallèlement, le DP au numérique favorise davantage l'usage pédagogique des technologies numériques lorsqu'il s'appuie sur des approches créatives comparativement aux approches misant sur les habiletés techniques (Henriksen et al., 2019 ; Koehler et al., 2011 ; Loveless et al., 2006). De cette façon, il permet le développement d'attitudes créatives comme la prise de risque et l'ouverture à la nouveauté (Koehler et al., 2011 ; Romero et al., 2017) et la mobilisation de certains processus créatifs qui amènent le personnel enseignant à imaginer des solutions numériques à des problèmes de nature pédagogique (Koehler et al., 2011 ; Loveless et al., 2006; Lamb, 2022).

Cependant, bien que les écrits scientifiques mettent de l'avant des bénéfices de la créativité pour le DP au numérique du personnel enseignant, un flou persiste entourant ce que constitue concrètement une situation de formation qui mise sur l'usage créatif du numérique. Comme les études ne définissent pas toujours la créativité ou proposent des conceptualisations variées (Capron Puozzo, 2016 ; Dow, 2022; Filteau, 2009 ; Puryear et Lamb, 2020), il devient complexe de déterminer les liens entre les caractéristiques des dispositifs de formation proposés et les dimensions de la créativité. Pourtant, étant transversal, le concept mérite d'être contextualisé pour être mieux compris et, éventuellement, opérationnalisé sur le terrain. Ainsi, comme l'offre d'activités de DP combinant la créativité et l'usage pédagogique est bien présente au Québec à travers divers organismes (Réseau axé sur le développement des compétences par l'intégration des technologies [RÉCIT], CADRE21, École branchée, etc.), il s'est avéré pertinent de répondre à la question de recherche suivante : *comment la créativité est-elle mobilisée dans les activités de DP au numérique du personnel enseignant au secondaire ?*

## **Cadre de référence et objectifs spécifiques de la recherche**

Afin d'amorcer le travail de clarification et d'opérationnalisation du concept de créativité en situation de formation en enseignement, il est apparu nécessaire de circonscrire les dimensions de la créativité et des activités de DP au numérique dédié au personnel enseignant au secondaire.

### **Dimensions de la créativité**

Bien que des recensions des écrits aient été effectuées sur la créativité à travers les années (p. ex., Filteau, 2009 ; Puryear et Lamb, 2020 ; Rhodes, 1961), les personnes chercheuses

ne s'entendent pas sur la nature et le nombre de dimensions qui composent ce concept. Des modèles sont proposés dans les écrits, s'appuyant sur trois (Csíkszentmihályi, 1999), quatre (Isaksen et al., 2003 ; Rhodes, 1961), cinq (Filteau, 2009 ; Glăveanu, 2013), sept (Lubart et al., 2022), huit (Sternberg et Karami, 2022) ou treize dimensions (Malo et Malo, 2022) pour circonscrire la créativité. Ces modèles viennent appuyer la nature multidimensionnelle de la créativité, soulevée par Rhodes dès 1961, situant le concept à la confluence de quatre dimensions : la personne créative, la démarche créative, le produit créatif et le contexte créatif. Les conceptualisations récentes n'arrivent toutefois pas toujours à convaincre de la pertinence d'ajouter de nouvelles dimensions au concept de créativité. Considérant la perspective pragmatique adoptée dans le cadre de la présente recherche, il n'apparaît pas opportun de complexifier le concept davantage, surtout sans les preuves scientifiques le justifiant. Tout en tenant compte des nuances soulevées dans les modèles plus récents, il est donc apparu préférable de s'en tenir aux dimensions qui ont fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques, comme en témoigneront les paragraphes suivants.

Dès les premières recherches sur la créativité (p. ex., Wallas, 1926), le concept a été associé à une démarche composée de plusieurs phases, faisant intervenir différents processus de la pensée. Dans divers domaines comme l'éducation, la **démarche créative** s'amorce par l'*identification d'un problème* (Csíkszentmihályi, 2014 ; Isaksen et al., 2003), puis se poursuit par des phases divergente et convergente (Dow, 2022 ; Finke et al., 1992 ; Guilford, 1956). La *phase divergente* consiste à mettre son jugement en suspens afin de générer des idées nombreuses et diversifiées. La *phase convergente* permet de réduire la quantité d'idées en les analysant, les évaluant et les combinant afin de concentrer ses efforts sur celles qui sont les mieux adaptées pour le contexte. La démarche créative se conclut par une *phase de validation et de communication* des idées (Csíkszentmihályi, 1999 ; Filteau, 2009 ; Isaksen et al., 2003).

Très tôt dans les recherches sur la créativité (p. ex., Guilford, 1950), le concept a aussi été associé à certaines attitudes comme l'ouverture à la nouveauté, la tolérance à l'ambiguïté et la prise de risque. Des études ont également mis de l'avant que la personne créative devait faire preuve d'une grande motivation intrinsèque pour persévérer malgré l'incertitude et malgré les échecs qui pouvaient survenir (Amabile, 1988 ; Csíkszentmihályi, 2014 ; Proctor et Burnett, 2004). Les attitudes et la motivation ne représentent toutefois qu'une facette de la **personne créative**, la *facette conative*, qui interagit avec des *facettes affective* et *cognitive* (Filteau, 2009 ; Lubart et al., 2015 ; Sternberg, 2012). En effet, la créativité est associée à des émotions parfois conflictuelles

(de l'anxiété à l'excitation) et demande de détenir des savoirs dans le domaine pour lequel elle est mobilisée.

Pour plusieurs personnes chercheuses, au-delà de la personne et de la démarche créative, la créativité n'existe que si elle se matérialise dans un **produit créatif** (Amabile, 1988 ; Amabile et al., 1996 ; Dow, 2022 ; Henriksen et al., 2015 ; Runco et Jaeger, 2012 ; Scott et al., 2004). Ce dernier doit toutefois détenir certaines caractéristiques : la nouveauté, l'utilité et l'élaboration. D'abord, le produit est *nouveau* lorsqu'il amène quelque chose qui n'existait pas auparavant dans la même forme (Henriksen et al., 2015 ; Runco et Jaeger, 2012). Ensuite, il est *utile* s'il répond adéquatement au problème de départ (Amabile, 1988 ; Filteau, 2009 ; Runco et Jaeger, 2012). Finalement, il est *élaboré*, c'est-à-dire qu'il est esthétique et bien conçu (Cropley et Kaufman, 2012 ; Henriksen et al., 2015 ; O'Quin et Besemer, 1989).

La personne créative, la démarche créative et le produit créatif devraient finalement s'inscrire dans un **contexte créatif** social et matériel (Amabile et al., 1996 ; Csíkszentmihályi, 1999, 2014 ; Filteau, 2009 ; Glăveanu, 2013 ; Lubart et al., 2015 ; Lubart et al., 2022 ; Sternberg et Karami, 2022). La *période* (moment et durée), *l'environnement physique* (lieu et ressources matérielles), *l'environnement social* (personnes collaboratrices, expertes et utilisatrices) ainsi que les *facilitateurs* comme la liberté et les encouragements ou les *obstacles* comme la pression ont été identifiés comme des composantes de ce contexte. Tout en offrant un cadre d'analyse pertinent pour appréhender le concept de créativité, ces dimensions prennent nécessairement des formes différentes selon le domaine dans lequel elles se déploient. C'est pourquoi il convient également de circonscrire les activités de DP au numérique en enseignement au secondaire.

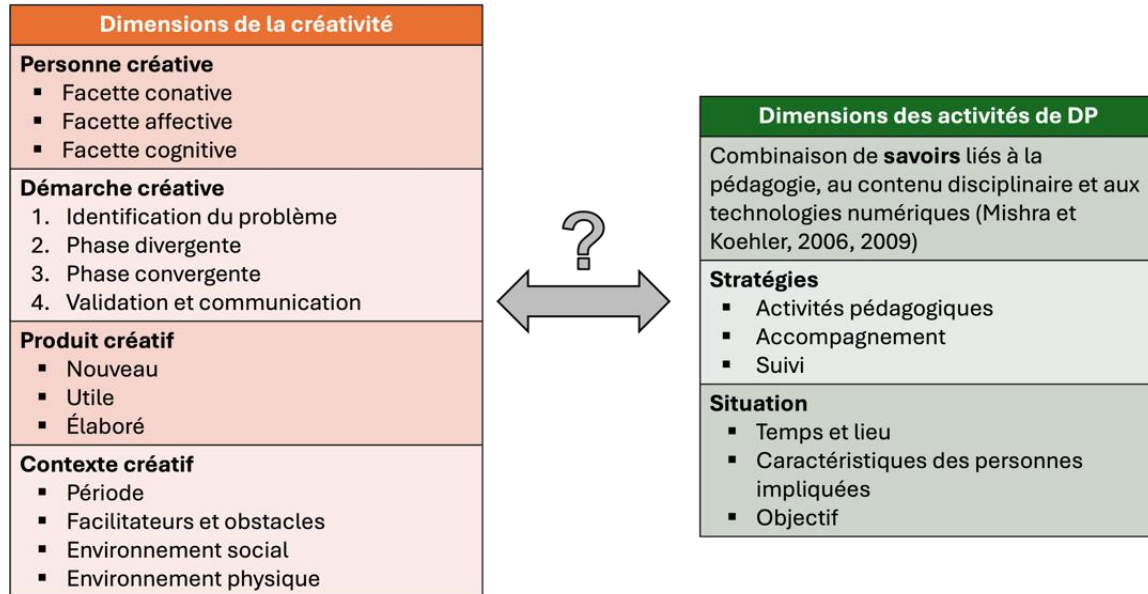
### **Dimensions des activités de développement professionnel au numérique en enseignement et objectifs spécifiques de la recherche**

Les activités de DP en enseignement englobent l'ensemble des moyens contribuant au processus de transformation personnelle et professionnelle des enseignantes et des enseignants, visant l'amélioration des compétences ainsi que des pratiques tout au long de la carrière (Day, 1999 ; Guskey, 2000 ; Uwamariya et Mukamurera, 2005). Afin de les circonscrire, trois dimensions ont été ciblées, inspirées des travaux de Guskey (Guskey, 2000 ; Guskey et Sparks, 1996) : les savoirs, les stratégies et la situation. Ces dimensions sont celles qui ont « l'influence la plus immédiate et directe » sur la qualité des activités de DP (Guskey, 2000, p.73). Toutefois, comme le cadre proposé par Guskey s'avère plutôt

général, il convenait de l'adapter aux activités de DP dédiées à l'usage pédagogique du numérique au secondaire.

Selon Guskey et Sparks (1996, p.34), les **savoirs** représentent le « quoi » des activités de DP. Dans le contexte d'une activité portant sur l'usage pédagogique du numérique au secondaire, les savoirs en jeu sont de nature pédagogique, disciplinaire et technologique. Plus encore, selon Mishra et Koehler (Koehler et Mishra, 2009 ; Mishra et Koehler, 2006), un tel usage demande de combiner ces savoirs afin de reconnaître le potentiel des technologies pour l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation des notions disciplinaires et ainsi mobiliser, ce que les personnes chercheuses appellent, des savoirs technopédagogiques liés au contenu (TPACK). Les **stratégies** représentent, quant à elles, le « comment » des activités de DP (Guskey et Sparks, 1996, p.34). Elles regroupent les activités pédagogiques mises en place, l'accompagnement offert et le suivi effectué afin de permettre à la personne enseignante de mobiliser les savoirs en jeu. Finalement, la **situation** englobe autant les savoirs et les stratégies que des éléments du contexte de l'activité de DP. Ces éléments représentent le « qui », « quand », « où » et « pourquoi » selon Guskey et Sparks (1996, p.35), c'est-à-dire les caractéristiques des personnes impliquées, le temps, le lieu et l'objectif.

La Figure 1 cible les dimensions et sous-dimensions qui ont été retenues pour circonscrire la créativité et les activités de DP. Elles ont servi d'assise pour mettre en place une étude multicas cherchant à *identifier les liens entre les dimensions de la créativité (personne créative, démarche créative, produit créatif et contexte créatif) et 1) les savoirs ; 2) les stratégies ; ainsi que 3) les situations des activités de DP en enseignement au secondaire.*

**Figure 1***Dimensions des concepts composant le cadre de référence de la recherche*

## Méthodologie de la recherche

Afin de tenir compte de la complexité du phénomène à l'étude, la recherche mise en place s'est inspirée de l'étude de cas interprétative de Merriam (1998), permettant de décrire en profondeur ce que représente la créativité dans une activité de DP, puis de cibler les dimensions qui entrent en jeu et les relations entre elles. Devant la diversité des activités de DP offertes, il est aussi apparu nécessaire de s'appuyer sur un devis multicas (Yin, 2014), permettant de comparer des cas pour repérer des caractéristiques communes et des points de divergence. Cette section présente les activités de DP qui ont été retenues dans le cadre de l'étude multicas, puis décrit la collecte et l'analyse de données.

## Description des cas et collecte des données

Les activités de DP retenues devaient respecter certains critères de sélection, soit : 1) s'adresser au personnel enseignant au secondaire en exercice ; 2) mobiliser des savoirs associés au numérique et 3) mobiliser la créativité. Pour s'assurer du respect de ces critères, les activités de DP devaient d'abord être dispensées par des organismes contribuant au développement professionnel du personnel enseignant dont l'usage du numérique constituait le mandat. Ensuite, les mots « créer », « créativité » ou « création » devaient se retrouver dans leur intitulé ou leur descriptif. Finalement, des entretiens préalables ont

*Bisaillon et al, 2026*

parfois été effectués lorsque des doutes persistaient quant à la mobilisation des dimensions de la créativité. Cette démarche a permis d'identifier six cas, dont un n'a finalement pas été retenu pour le présent article puisque l'activité de DP a été annulée.

Pour chacun de ces cas, trois sources de données ont permis de collecter des données. D'abord, un entretien semi-dirigé de 30 minutes à une heure a été effectué avec certaines des personnes formatrices. Le canevas d'entretien portait sur les objectifs, le contenu et le déroulement des activités de DP en plus d'explicitier la place des différentes dimensions de la créativité dans celles-ci. L'entretien a permis ensuite d'obtenir certains documents qui ont été analysés (présentation *PowerPoint*, descriptif, site Web, ressources, etc.). Une observation directe et non participante a finalement été effectuée à l'aide d'une grille qui permettait de décrire les formes des différentes dimensions et sous-dimensions de la créativité (Figure 1). Le Tableau 1 présente les caractéristiques de chacun des cas et les sources des données récoltées.

**Tableau 1.***Caractéristiques des cas et sources des données*

| Cas | Organisme                                   | Durée<br>(modalité)               | N <sup>bre</sup> de<br>formateur·ice·s :<br>N <sup>bre</sup> de<br>participant·e·s | Niveau(x)                 | Inscription<br>dans une<br>discipline | Sources des<br>données                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1  | Organisme à<br>but non<br>lucratif          | 6 heures<br>(présentiel)          | 6 : 42                                                                             | Primaire et<br>secondaire | Non                                   | Entretien avec<br>une personne<br>(E1), sept<br>documents (D1_1<br>à D1_7) et une<br>observation (O1)              |
| A2  | RÉCIT local                                 | 9 heures<br>(présentiel)          | 2 : 9                                                                              | Secondaire                | Non                                   | Entretien avec<br>deux personnes<br>(E2_1, E2_2),<br>cinq documents<br>(D2_1 à D2_5) et<br>une observation<br>(O2) |
| A3  | Association<br>de personnes<br>enseignantes | Deux jours<br>(présentiel)        | 2 : 21                                                                             | Secondaire                | Oui                                   | Entretien avec<br>deux personnes<br>(E3_1, E3_2),<br>deux documents<br>(D3_1, D3_2) et<br>une observation<br>(O3)  |
| A4  | RÉCIT<br>national                           | 6 heures<br>(présentiel)          | 5 : 49                                                                             | Primaire et<br>secondaire | Oui                                   | Entretien avec<br>deux personnes<br>(E4_1, E4_2),<br>cinq documents<br>(D4_1 à D4_5) et<br>une observation<br>(O4) |
| A5  | RÉCIT local                                 | 6 heures<br>par mois<br>(comodal) | 2 : 12                                                                             | Primaire et<br>secondaire | Non                                   | Entretien avec<br>une personne<br>(E5), deux<br>documents<br>(D5_1, D5_2) et<br>une observation<br>(O5)            |

De façon générale, les cinq cas retenus étaient divisés en trois grandes phases : 1) présentation de technologies numériques ou d'idées d'usages pédagogiques du numérique ; 2) exploration ou création avec des technologies numériques ; et, 3) partage des nouvelles idées ou des produits conçus. Ils détenaient également chacun leurs particularités. Lors de A1, les personnes formatrices présentaient la thématique de leur atelier et les personnes participantes décidaient sur place dans lequel elles souhaitaient passer la journée. Dispensé

par un RÉCIT local dans un centre de services scolaire (CSS), A2 se déroulait sur deux jours à six mois d'intervalle. A3 se déroulait sur une base de plein air durant deux jours où des personnes enseignantes avaient été préalablement sélectionnées afin de produire une situation d'apprentissage. Proposé dans le cadre d'un congrès dédié à l'usage du numérique en enseignement, A4 était dispensé par un RÉCIT national disciplinaire. Enfin, A5 se déroulait en comodal une fois par mois et était dispensé par des personnes CP d'un RÉCIT local dans un CSS.

### **Analyse des données, critères de validité et limites**

Afin de procéder à l'analyse des données, une approche inductive délibérative a été adoptée, dans la mesure où les dimensions et sous-dimensions retenues dans la section précédente (Figure 1) ont agi comme une « grille d'analyse initiale enrichie d'autres éléments qui émergent des données » (Mukamurera et al., 2006, p.114). En cohérence avec cette approche, un codage mixte a été effectué en s'appuyant sur les éléments du cadre de référence pour fixer des premières catégories qui ont été raffinées de manière inductive grâce à plusieurs lectures du corpus des données (Van der Maren, 2004). Ce travail a permis de préciser la forme de certaines dimensions de la créativité (notamment les étapes de la démarche et la nature des produits créatifs) et des activités de DP (p. ex., les types d'activités d'apprentissage mises en place), mais aussi d'ajouter certaines sous-dimensions comme l'atmosphère créative (liée au contexte créatif) ou les postures entourant l'usage pédagogique du numérique (liées aux savoirs). Après avoir atteint une saturation des données et une stabilisation de l'arborescence d'encodage, un contrecodage a été effectué. Pour ce faire, une première rencontre a été effectuée avec une deuxième personne codeuse pour obtenir une compréhension commune des catégories (voir Bisaillon [2025] pour un tableau détaillé des catégories et des définitions opérationnelles). Par la suite, deux entretiens ont été encodés, permettant d'en arriver à un accord interjuge satisfaisant considérant la complexité de l'arborescence d'encodage. En effet, les coefficients de kappa moyens obtenus pour les dimensions de la créativité ( $\kappa = 0,77$ ) et les dimensions des activités de DP ( $\kappa = 0,63$ ) peuvent être associés à un accord substantiel selon les balises de Landis et Koch (1977). Les désaccords ont fait l'objet de discussions avec la deuxième personne codeuse et ont été résolus, notamment ceux entourant les savoirs des activités de DP.

Afin d'identifier les relations entre les dimensions de la créativité et les dimensions des activités de DP qui ont été précisées dans le cadre de la première phase de l'analyse des données, un croisement matriciel a été effectué dans *NVivo*. Cette technique a permis d'obtenir l'occurrence des passages encodés, à la fois, aux dimensions de la créativité et

aux dimensions des activités de DP. Ces résultats quantitatifs ont essentiellement servi à cibler les relations les plus fréquentes, pavant la voie à un examen plus approfondi de ces relations à l'aide des catégories ayant émergé lors de la première phase d'analyse. Cet examen a permis de repérer différentes relations telles que le lien entre les facettes de la personne créative et les postures (savoirs), entre la génération d'idées (démarche créative) et l'apprentissage actif (stratégie), entre l'établissement d'une atmosphère créative (contexte créatif) et l'accompagnement (stratégie) ainsi qu'entre le niveau des tâches créatives (contexte créatif) ou les caractéristiques des personnes participantes (situation). Des métamatrices (Miles et al., 2014) ont finalement été utilisées afin de comparer les différentes relations identifiées selon les cas.

Bien que différentes précautions aient été prises au regard de la validité interne (p. ex., triangulation des sources), de la validité externe (p. ex., comparaison entre plusieurs cas) et de la fiabilité de la recherche (p. ex., outils de collecte basés sur le cadre de référence et contrecodage), la méthodologie proposée n'est pas exempte de limites. En effet, malgré certains critères de sélection et des caractéristiques communes, les cas retenus restent plutôt hétérogènes, ce qui peut mener à une certaine dispersion des données et limiter la portée des résultats. De plus, en s'appuyant sur le discours des personnes formatrices, un biais de désirabilité peut avoir influencé la teneur des résultats récoltés. Finalement, la réalité québécoise entourant le DP au numérique fait en sorte que plusieurs des activités ont été offertes aux personnes enseignantes des niveaux primaire et secondaire, affectant la prise en compte de la spécificité du niveau secondaire. Il faut noter cependant que l'appui sur le modèle TPACK de Mishra et Koehler (2006, 2009) a permis d'analyser les savoirs disciplinaires et leurs interactions avec la créativité, que les destinataires soient des titulaires au primaire ou des spécialistes d'une discipline au secondaire.

## Résultats

En cohérence avec les objectifs spécifiques de la recherche, cette section présente les liens qui ont émergé entre chacune des dimensions de la créativité et 1) les savoirs mobilisés, 2) les stratégies employées, ainsi que, 3) les situations des activités de DP analysées.

### Liens identifiés entre les dimensions de la créativité et les savoirs mobilisés

Dans trois des cas analysés (A1, A2, A4), les personnes formatrices souhaitaient amener les personnes participantes à mobiliser des postures entourant l'usage pédagogique du numérique. Ces postures étaient principalement associées aux attitudes de la **personne créative** (tolérance à l'ambiguïté, prise de risque et ouverture). En effet, il était ainsi

nécessaire de « sortir de sa zone de confort » (D4\_5) ou d'« être confortable dans l'inconfortable » (E1, D1\_1, O1) devant une nouvelle technologie numérique. Les personnes participantes étaient donc appelées à se prêter au jeu et à « se mouiller pour comprendre » (E4\_2), malgré le fait que des « choses qui ne fonctionne[raient] pas » (E1, E2\_2). En particulier, les personnes formatrices de A2 et A4 mettaient de l'avant deux postures interreliées : la posture de personne apprenante liée aux attitudes créatives et celle de personne professionnelle, s'appuyant sur l'expertise des personnes participantes. D'ailleurs, lors de A4, ces dernières étaient invitées à mettre leur « chapeau de pédagogue » (O4) à divers moments pour réfléchir sur l'expérience en sous-groupe, ce qui a aussi été souligné dans le cadre de l'entretien pour A2 : « quand les profs parlent de ce qu'ils font en classe, ils sont dans une posture de professionnelle où ils se sentent compétents, et après, ça met la table pour avoir le goût d'oser et d'être en posture d'apprenant » (E2\_2).

Quant à la **démarche créative**, c'était surtout la phase divergente qui était associée aux savoirs technologiques et pédagogiques des activités de DP. En effet, les personnes participantes étaient souvent amenées à générer des idées d'usages des technologies numériques : à prendre la mesure de leurs possibilités pédagogiques, comme il a été souligné lors de différents entretiens (E1, E2\_2, E4\_1, \_E4\_2). Pour ce faire, de premières idées étaient proposées par les personnes formatrices dans des présentations et des ressources (D2\_1, D1\_4, D5\_1), puis d'autres idées étaient générées par la manipulation d'outils comme *Canva* (O2), la réalité virtuelle et augmentée (O1, O4) ou *Minecraft* (O5). Les savoirs technologiques liés au contenu disciplinaire ont été plusieurs fois associés à la démarche créative dans le cadre de A4. Lors de cette activité de DP, le processus d'écriture, conçu comme un « processus de création », était présenté dans une infographie qui structurait la journée (D4\_2, O4).

En ce qui concerne le **contexte créatif**, c'est l'environnement social et principalement les personnes formatrices qui ont été associés aux savoirs des activités de DP, notamment parce qu'elles sont apparues comme les principales personnes-ressources. En effet, il a été observé dans plusieurs cas que la majorité des interactions se déroulaient entre les personnes participantes et formatrices plutôt qu'entre les personnes participantes elles-mêmes (O1, O2, O4). Les personnes formatrices interrogeaient les personnes participantes, répondaient à leurs questions et donnaient de la rétroaction fréquemment. Dans certains entretiens, elles ont aussi mis de l'avant la volonté d'agir comme des modèles de créativité, soulignant qu'elles-mêmes devaient prendre des risques et se placer dans une posture de personne apprenante (E1, E4\_2).

## Liens entre les dimensions de la créativité et les stratégies des activités de développement professionnel

La créativité a d'abord été reliée aux activités pédagogiques misant sur l'apprentissage actif. Les personnes formatrices de A1, A2, A4 et A5 associaient la génération et l'approfondissement d'idées d'usages pédagogiques du numérique (**démarche créative**) à des ateliers d'exploration avec les technologies numériques plutôt qu'à des exposés magistraux. A1 mettait « l'emphase sur l'apprentissage actif » (D1\_1), il fallait donc « donner suffisamment de temps pour explorer » (E1) les possibilités pédagogiques des technologies numériques, ce qui signifiait que les personnes formatrices n'allaient pas faire « une présentation magistrale de six heures » (E1) ou n'allaient pas « trop rentrer dans le “blabla” pointu » (E5), comme avancé lors de l'entretien pour A5. Les observations ont effectivement permis de constater que les personnes formatrices souhaitaient mettre « la créativité en action » (D2\_1), la majorité du temps des activités de DP observées étant dédiée à la manipulation de technologies numériques (O1, O2, O5). Dans le cadre de A4, ces activités pédagogiques occupaient aussi une place importante (environ deux heures de l'activité de DP) (O4), étant conçues comme des moyens de s'inspirer, « de voir ce qu'il est possible de réaliser » (E4\_1), pour « aller plus loin » (E4\_1), ou « en faire plus » (E1), selon les propos récoltés lors de l'entretien pour A1.

Ensuite, le **produit créatif** a été associé à l'apprentissage authentique dans plusieurs cas (A1, A2, A4). Il y avait une volonté de placer les personnes participantes dans la peau de leurs élèves à travers des productions numériques plus ou moins longues, un programme *Scratch* (O1), un montage avec *Canva* (O2) ou un écrit multimodal (O4), afin qu'elles puissent reconnaître le potentiel des technologies numériques utilisées. Les personnes formatrices voulaient « faire vivre des activités de création » (E2\_2) et, par conséquent, faire vivre « le même processus que les élèves » (E4\_1), ce qui allait permettre de constater la « valeur ajoutée en classe » (E2\_2) des technologies numériques et « le degré de difficulté que ça demande » (E4\_1). Lors de A3, c'est la collaboration qui a été associée au produit créatif, étant considérée comme une des principales conditions facilitatrices à sa réalisation, comme il a été soulevé lors de l'entretien (E3\_2). Le travail en équipe était mis de l'avant dès le descriptif de l'activité de DP (D3\_1) et, à la différence des autres cas, il a été possible d'observer que les personnes participantes cocréaient le produit ensemble (O3).

Finalement, l'accompagnement des personnes formatrices a été associé au **contexte créatif** et à la **personne créative**. Les personnes interrogées pour A1 et A2 se considéraient des facilitatrices (E1, E2\_1), établissant la structure générale de l'activité de DP, laissant beaucoup de temps et de liberté pour créer, puis offrant des ressources au besoin. Ce type

*Bisaillon et al, 2026* 104

d'accompagnement était également proposé dans le cadre de A5 : « les enseignants [...] ont besoin, de cette liberté-là, de cet espace-là. Mais en même temps, ils sont accompagnés, parce qu'ils peuvent poser des questions sur un outil en particulier » (E5).

Dans le cadre de A4, l'activité de DP proposait certains choix, mais restait davantage structurée que dans les autres cas, alternant entre des moments de présentation d'exploration, de création et de réflexion (O4). Pour les personnes formatrices, il était aussi nécessaire d'offrir un accompagnement qui tenait compte de la facette affective de la personne créative et des attitudes créatives : « il y a quelque chose au niveau de l'accueil, de l'attitude aussi qui est super importante. Si on a du plaisir, ça inspire les participants à se mouiller. » (E4\_2) Il a aussi été observé que les personnes formatrices encourageaient fréquemment les personnes participantes à mobiliser certaines attitudes créatives (p. ex., « Ne soyez pas gênés, on dit qu'un auteur, ça prend des risques » [O4]), ce qui était aussi le cas lors de A1 et A2 (O1, O2).

Dans le même ordre d'idées, l'accompagnement était conçu comme une stratégie pour établir une atmosphère sécuritaire, pavant la voie à la mobilisation d'attitudes créatives. En effet, dans son descriptif, A1 était décrite comme « un contexte sécuritaire, accompagné, où on se permet de se tromper et de recommencer » (D1\_1), ce qui a aussi été soulevé dans l'entretien pour A2 (E2\_2). Au-delà d'une « atmosphère conviviale » (E4\_1), les personnes formatrices de A4 voulaient instaurer une atmosphère propice à l'écriture et à l'inspiration, par l'appel aux sens. Autant dans A4 que dans A3, les personnes participantes apparaissaient engagées et inspirées, par l'intensité des discussions qui a pu être observée (O3, O4). Comme l'a souligné une des personnes interrogées pour A3, la structure de l'activité de DP mise en place par les personnes formatrices, la collaboration et le lieu en nature favorisaient l'établissement d'une atmosphère propice à la concentration : « les courriels d'école, je ne m'en occup[e] pas, y'a rien d'autre, la vie s'arrête à cette place-là ! » (E3\_2) Une expérience semblable avait été vécue dans une édition précédente de A2 où « personne ne voulait changer de pièce, parce que [les personnes participantes] étaient super engagées. » (E2\_1)

### **Liens entre les dimensions de la créativité et les situations des activités de développement professionnel**

Les objectifs des activités de DP ont été associés à la phase divergente de la **démarche créative** et au **produit créatif**. Les objectifs de A5 étaient autant d'explorer les technologies numériques que d'en arriver à une création numérique selon l'analyse documentaire (D5\_1), ce qui a aussi été mentionné dans l'entretien pour A1 (E1). Quant à

A2, c'est davantage l'exploration qui était mise de l'avant dans le site Web (D2\_4) et lors de l'entretien : « L'idée, c'est qu'elles viennent s'inspirer, voir des choses, essayer quelque chose. » (E2\_1) Les attentes étaient plus précises dans le cadre de A3 et A4 où un produit créatif était attendu de la part de l'ensemble des personnes participantes. L'élaboration d'un produit nouveau, utile et élaboré à diffuser à la communauté enseignante était une condition évoquée dans le descriptif de A3 (D3\_1) et soulignée par les personnes interrogées (E3\_1, E3\_2).

Les caractéristiques des personnes participantes ont été associées au **contexte créatif**, plus particulièrement, au niveau des tâches créatives. D'un côté, dans plusieurs cas, l'activité de DP était adaptée au profil hétérogène des personnes participantes quant à leur niveau de compétence entourant l'usage pédagogique du numérique. Dans le cadre de A2, les personnes interrogées ont souligné que le message entourant la créativité ne percolait pas toujours, demandant d'être plus explicite sur les objectifs de l'activité de DP (E2\_1). Dans la même veine, la personne interrogée pour A5, a souligné que certaines personnes « ont compris l'intention alors que d'autres [...] sont un petit peu perdues » (E5), ce qui demandait de les guider davantage. Des ressources adaptées selon le niveau de compétence étaient alors proposées dans A2 et A5 (D2\_2, D5\_2). En ce qui concerne A4, les ateliers destinés à la manipulation de technologies numériques proposaient plusieurs choix de niveaux de complexité variés : « Travailler avec des ateliers carrousels, ça permet de différencier selon les besoins des participants » (E4\_2). De l'autre côté, le profil des personnes participantes dans le cadre de A3 était plus homogène afin de s'assurer que l'objectif de l'activité de DP allait être atteint, c'est pourquoi certaines personnes avaient été ciblées selon l'idée de projet proposé au départ : « on y va avec des valeurs sûres, avec des gens qu'on sait qu'ils vont produire quelque chose. » (E3\_2)

Le Tableau 2 synthétise les principaux liens identifiés dans les sections précédentes, précisant comment la créativité est mobilisée dans les activités de DP analysées.

**Tableau 2.**

*Principaux liens identifiés entre les dimensions de la créativité et les dimensions des activités de développement professionnel*

| Dimensions de la créativité | Dimensions des activités de DP                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | Savoirs                                                                                                                                  | Stratégies                                                                                                                                                                                                                                         | Situation                                                                                                                                                                                                                                       |
| Personne créative           | Amener à mobiliser des postures combinant des savoirs entourant l'usage pédagogique du numérique et les attitudes créatives (A1, A2, A4) | Offrir une structure et un accompagnement prenant en compte la facette affective et les attitudes de la personne créative (A4)                                                                                                                     | Aucun lien identifié                                                                                                                                                                                                                            |
| Démarche créative           | Amener à générer des idées d'usages pédagogiques du numérique (A1, A2, A4, A5)                                                           | Prioriser l'apprentissage actif pour la génération et l'approfondissement d'idées d'usages pédagogiques du numérique (A1, A2, A3, A5)                                                                                                              | Proposer des objectifs visant à explorer des idées d'usages pédagogiques du numérique (A1, A2, A5)                                                                                                                                              |
| Produit créatif             | Aucun lien identifié                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Faire vivre une expérience authentique à travers la réalisation de productions numériques (A1, A2, A4)</li> <li>Assurer la collaboration pour réaliser un produit nouveau, utile et élaboré (A3)</li> </ul> | Proposer des objectifs visant à créer un produit créatif (A1, A3, A4, A5)                                                                                                                                                                       |
| Contexte créatif            | Agir comme principales personnes-ressources pour mobiliser les savoirs et la créativité (A1, A2, A4)                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Offrir un accompagnement donnant le temps et la liberté de créer (A1, A2, A3, A5)</li> <li>Établir une atmosphère sécuritaire et créative (A1, A2, A3, A4)</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Adapter la nature et la modalité des tâches créatives afin de répondre aux besoins diversifiés (A1, A2, A4, A5)</li> <li>Cibler des personnes expertes pour accomplir une tâche complexe (A3)</li> </ul> |

## Discussion

L'objectif de la recherche consistait à identifier des liens entre la créativité et les activités de DP au numérique en enseignement au secondaire. Si certaines relations communes ont pu émerger de l'analyse, des divergences quant à l'opérationnalisation de la créativité ont également été observées. Des moyens différents de mobiliser la créativité étaient parfois mis en œuvre dans une volonté de proposer des tâches créatives cohérentes avec le niveau de compétence des personnes participantes entourant l'usage pédagogique du numérique.

Selon Amabile et al. (1996), les tâches créatives posant un défi sont considérées comme des facilitateurs de la créativité, ce qui semblait d'ailleurs le cas pour A3 où la réalisation d'une situation d'apprentissage nouvelle, utile et élaborée apparaissait comme une source de motivation. Toutefois, dans d'autres cas comme A2 ou A5, les activités pédagogiques proposées, l'accompagnement offert ou les produits attendus pouvaient déstabiliser les personnes participantes, réaffirmant la nécessité de proposer des tâches qui se situent dans la zone proximale de développement des personnes enseignantes en formation (Warford, 2011). Pour Csíkszentmihályi (2014), la motivation intrinsèque est plus grande et l'expérience est plus positive si les tâches créatives donnent l'opportunité d'agir et de mettre à profit ses compétences.

Ainsi, il ne semble pas possible d'expliquer comment la créativité est mobilisée dans les activités de DP en enseignement au secondaire sans tenir compte du niveau de compétence entourant l'usage pédagogique du numérique des personnes enseignantes en formation et, par conséquent, du niveau de complexité du produit créatif attendu. Selon les résultats obtenus, cette prise en compte influence les choix des personnes formatrices quant aux savoirs, aux stratégies et à la situation des activités de DP. Le Tableau 3 agit comme un outil euristique permettant de mieux comprendre la nature de ces choix en les présentant sous forme d'un continuum, en s'inspirant des niveaux de DP de Gouin et al. (2021) et des niveaux d'acquisition des compétences professionnelles du personnel enseignant au Québec (MEQ, 2020 ; MEQ, 2026). Sans être parfaitement étanches, les différents niveaux s'appuient sur certains cas en particulier tout en suggérant certaines nuances qui méritent d'être apportées à la lumière des écrits récents entourant la créativité, le développement professionnel et l'usage pédagogique du numérique.

**Tableau 3**

*Proposition d'un continuum d'activités de développement professionnel portant sur l'usage créatif du numérique en enseignement au secondaire*

|                     | 1. Familiarisation                                                                                                                                                                                                     | 2. Appropriation                                                                                                                                                                                                     | 3. Innovation                                                                                                                                                   |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Savoirs et postures | Compréhension des savoirs et postures liés à l'usage créatif du numérique en enseignement                                                                                                                              | Mobilisation consciente des savoirs et postures liés à l'usage créatif du numérique en enseignement                                                                                                                  | Mobilisation fluide et intuitive des savoirs et postures liés à l'usage créatif du numérique en enseignement                                                    |
| Stratégies          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseignement explicite et guidé de l'usage créatif du numérique dans la discipline</li> <li>• Ateliers mains sur les touches structurés par la personne formatrice</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation de technologies numériques et exploration orientée par une intention</li> <li>• Adaptation d'idées d'usages du numérique au contexte d'enseignement</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cogénération des idées et coélaboration du produit</li> <li>• Présentation et diffusion des produits conçus</li> </ul> |
| Situation           | Établissement d'une atmosphère sécuritaire par des encouragements et des rétroactions                                                                                                                                  | Temps et liberté pour explorer, réaliser des productions et réfléchir                                                                                                                                                | Temps, liberté, lieu et ressources favorisant la mise en place d'une atmosphère propice à la génération d'idées nombreuses et différentes.                      |
| Produits créatifs   | Situation d'apprentissage clé en main testée par les personnes participantes                                                                                                                                           | Courtes créations numériques à adapter à sa réalité                                                                                                                                                                  | Situation d'apprentissage nouvelle, utile et élaborée                                                                                                           |

Si les savoirs entourant l'usage pédagogique du numérique se retrouvent, sans surprise, au centre de l'ensemble des cas à l'étude, des postures ont également été mises de l'avant dans trois cas (A1, A2, A4), permettant de mieux saisir les relations entre les savoirs et les attitudes créatives. D'ailleurs, l'alternance entre les postures de personne professionnelle et apprenante est considérée comme une condition facilitatrice à la mobilisation des savoirs en situation de formation (Carpentier et al., 2025), ce qui peut expliquer la volonté de mettre ces postures de l'avant dans A2 et A4. En partageant leur expertise et en s'appuyant sur celles-ci, les personnes enseignantes sont plus à même de prendre des risques, de tolérer un certain inconfort et de s'ouvrir à de nouvelles possibilités, laissant place à une troisième posture, celle de personne créatrice, évoquée dans A4, où des connaissances, des habiletés et des attitudes liées à la créativité pourraient être combinées pour trouver des solutions originales, utiles et élaborées à des problématiques pédagogiques. Comme le soulignent certains écrits, les différentes postures évoquées pourraient ainsi paver la voie au développement d'une compétence créative tout au long de la vie (Capron Puozzo, 2016) et à un usage créatif du numérique en enseignement (Henriksen et al., 2019 ; Romero et al., 2017).

Au niveau « Familiarisation », comme il a été constaté dans le cadre de A4, la compréhension des postures et savoirs liés à l'usage créatif du numérique nécessite un enseignement plus explicite et guidé afin de lever un certain flou qui persiste entourant la créativité en enseignement en l'ancrant dans le contexte d'enseignement. Étant transversale, la créativité mérite d'être appliquée à la discipline d'enseignement pour être appréhendée (Bereczki et Kárpáti, 2021), ce qui est particulièrement pertinent pour des personnes enseignantes issues du secondaire qui se familiarisent avec l'usage pédagogique du numérique. À l'instar de A4, les différentes activités devraient permettre de faire des liens explicites entre la pédagogie, le numérique et la discipline en alternant entre des moments de présentations, de réflexion et d'ateliers les mains sur les touches. De plus, les personnes participantes repartaient avec plusieurs ressources, permettant de les guider dans la mise en œuvre en classe des activités vécues.

Lors du niveau « Appropriation », A1, A2 et A5 ont permis de constater que les savoirs et les postures liés à l'usage créatif du numérique en enseignement sont davantage mobilisés dans l'action. Ces cas mettaient l'accent sur l'apprentissage actif plutôt que sur les exposés magistraux pour explorer les possibilités pédagogiques du numérique. Par de courtes productions numériques, elles amenaient les personnes participantes à mobiliser différentes attitudes créatives, ce qui a aussi été observé lors de A4. Selon Koehler et al. (2011) ou Henriksen et al. (2019), la réalisation de courtes productions numériques convoque effectivement des attitudes et des techniques créatives. Toutefois, les résultats obtenus lors de A2 et A5 ont permis de constater que les personnes participantes de ce niveau avaient besoin de davantage d'accompagnement et de structure. Plutôt qu'à une liberté absolue qui peut provoquer des émotions négatives, la créativité est associée à un équilibre entre liberté et contraintes dans les écrits scientifiques (Acar et al., 2019 ; Cromwell, 2024). À ce niveau, il convient donc de poser différentes balises (p. ex., quant aux technologies numériques employées ou aux usages pédagogiques possibles), mais également de mobiliser consciemment les savoirs et postures, puis d'orienter le travail de création et d'exploration par une intention pédagogique afin de favoriser le transfert des acquis (Beghetto, 2017).

Finalement, le niveau « Innovation », par son intitulé, réfère à la volonté de diffuser et d'implanter les situations d'apprentissage produites dans le cadre de A3. En cohérence avec la définition de l'innovation, ce niveau devrait donc s'accompagner d'une démarche systématique de pilotage, d'évaluation et d'amélioration du produit créatif (Amabile et al., 1996). Il a aussi été constaté lors de A3 que la collaboration était conçue comme une condition nécessaire à la réalisation du produit. Des écrits récents portant sur la créativité montrent d'ailleurs que la collaboration assure la quantité, l'originalité et l'élaboration des idées (Meyer et Plucker, 2022 ; Royston et Reiter-Palmon, 2022). En plus de la

collaboration, l'analyse de A3 a permis de constater que différents choix étaient effectués pour assurer l'établissement d'une atmosphère propice à la créativité, ce qui a été évoqué dans d'autres cas (A1, A2, A4). Cette atmosphère visait à favoriser autant un confort ou un sentiment de sécurité que l'inspiration et la mobilisation d'attitudes créatives, ce qui est relevé dans les écrits (Calavia et al., 2021 ; Henriksen et al., 2019 ; Malo et Malo, 2022). Ultimement, l'établissement d'une atmosphère créative peut favoriser l'état de « flow », qui selon Csíkszentmihályi (2014), est un état de motivation ultime, où la concentration et la génération des idées sont à leur maximum, permettant la réalisation d'un produit nouveau, utile et élaboré propre au niveau « Innovation ». Différents éléments de cette définition de l'état de « flow » ont émergé de l'analyse des données pour A2 et A3.

## Conclusion

L'article témoigne de la complexité d'opérationnaliser la créativité dans les activités de DP, surtout sans un consensus théorique et considérant l'hétérogénéité des acquis des personnes enseignantes en formation. Pour tenir compte de cette complexité, un continuum d'activités de DP portant sur l'usage créatif du numérique est proposé en s'appuyant sur les cas analysés et les écrits scientifiques. Il peut s'avérer un outil euristique pertinent pour les études cherchant à concevoir, analyser ou évaluer des dispositifs de formation combinant le numérique et la créativité. Il pourrait également contribuer à l'opérationnalisation du *Cadre de référence de la compétence numérique* (MEQ, 2026) et de la compétence 12 du référentiel de compétences professionnelles du personnel enseignant au Québec (MEQ, 2020). S'inscrivant dans l'enseignement au secondaire, ce continuum réitère la nécessité d'ancrer la créativité et l'usage du numérique dans une discipline afin de favoriser les relations entre les différents savoirs mobilisés. Toutefois, comme plusieurs des cas analysés s'adressaient également au personnel enseignant du primaire, le continuum mérite d'être validé dans divers contextes, dont au niveau secondaire. En définitive, bien que plusieurs des cas analysés étaient ponctuels, la proposition d'un continuum met de l'avant la nécessité d'inscrire les activités de DP dans une démarche plus large et étendue dans le temps, ce qui est nécessaire si le transfert des acquis et le changement des pratiques sont espérés (Carpentier et al., 2025 ; Richard et al., 2017).

## Financement

Ce projet de recherche a été financé par le Fonds de recherche du Québec — Société et culture (#2022-B2Z-298431).

## Références

- Acar, O. A., Tarakci, M. et van Knippenberg, D. (2019). Creativity and innovation under constraints: A cross-disciplinary integrative review. *Journal of Management*, 45(1), 96–121. <https://doi.org/10.1177/0149206318805832>
- Amabile, T. M. (1988). A model of creativity and innovation in organizations. *Research in organizational behavior*, 10(1), 123-167. [https://web.mit.edu/curhan/www/docs/Articles/15341\\_Readings/Group\\_Performance/Amabile\\_A\\_Model\\_of\\_CreativityOrg.Beh\\_v10\\_pp123-167.pdf](https://web.mit.edu/curhan/www/docs/Articles/15341_Readings/Group_Performance/Amabile_A_Model_of_CreativityOrg.Beh_v10_pp123-167.pdf)
- Amabile, T. M., Conti, R., Coon, H., Lazenby, J. et Herron, M. (1996). Assessing the Work Environment for Creativity. *The Academy of Management Journal*, 39(5), 1154–1184. <https://www.jstor.org/stable/256995>
- Beghetto, R. A. (2017). Creativity in teaching. Dans J. C. Kaufman, V. P. Glăveanu et J. Baer (dir.), *The Cambridge handbook of creativity across domains* (pp. 549–564). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316274385.030>
- Bereczki, E. O. et Kárpáti, A. (2021). Technology-enhanced creativity: A multiple case study of digital technology-integration expert teachers' beliefs and practices. *Thinking Skills and Creativity*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100791>
- Bisaillon, J. (2025). Analyse de la créativité dans les formations au numérique du personnel enseignant au secondaire [Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. Archipel. <https://archipel.uqam.ca/19574/>
- Calavia, M. B., Blanco, T., & Casas, R. (2021). Fostering creativity as a problem-solving competence through design: Think-Create-Learn, a tool for teachers. *Thinking Skills and Creativity*, 39, Article 100761. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100761>
- Capron Puozzo, I. (2016). *La créativité en éducation et en formation. Perspectives théoriques et pratiques*. De Boeck.
- Carpentier, G., Villeneuve-Lapointe, M., Tardif, C., Thomas, V., Sirard, A., Dagenais, C. et Hot, A. (2025). Dispositif de formation et d'accompagnement du personnel enseignant : conditions et facteurs qui soutiennent le changement de pratique. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 28, 195-212. <https://doi.org/10.71781/159>
- Cromwell, J. R. (2024). How combinations of constraint affect creativity: A new typology of creative problem solving in organizations. *Organizational Psychology Review*, 14(1), 3-24. <https://doi.org/10.1177/20413866231202031>
- Cropley, D. H. et Kaufman, J. C. (2012). Measuring functional creativity: Non-expert raters and the Creative Solution Diagnosis Scale. *The Journal of Creative Behavior*, 46(2), 119–137. <https://doi.org/10.1002/jocb.9>

- Csikszentmihályi, M. (1999). Implications of a systems perspective for the study of creativity. Dans R. Sternberg (dir.), *Handbook of creativity* (p. 313-335). Cambridge University Press.
- Csikszentmihályi, M. (2014). *The systems model of creativity*. Springer.
- Day, C. (1999). *Developing teachers: The challenges of lifelong learning*. Routledge.
- Dow, G. T. (2022). Defining creativity. Dans J. A. Plucker (dir.), *Creativity and Innovation. Theory, Research, and Practice* (2<sup>e</sup> éd., p. 5-22). Routledge.
- Filteau, S. (2009). *Proposition d'un modèle du concept de créativité applicable pour le design de mode au collégial et transférable à d'autres domaines et ordres d'enseignement* [Mémoire de maîtrise en éducation, Université du Québec à Montréal]. <https://educ.info/xmlui/handle/11515/2048>
- Finke, R. A., Ward, T. B. et Smith, S. M. (1992). *Creative cognition: Theory, research, and applications*. The MIT Press.
- Glăveanu, V. P. (2013). Rewriting the Language of Creativity: The Five A's Framework. *Review of General Psychology*, 17(1), 69-81. <https://doi.org/10.1037/a0029528>
- Gouin, J.-A., Trépanier, N., Kenny, A. et Daigle, S. (2021). Le développement professionnel : sa nature, ses objectifs et ses clés de déploiement tout au long d'une carrière en milieu éducatif. Dans N. Gaudreau, S. Trépanier et S. Daigle (dir.), *Le développement professionnel en milieu éducatif : des pratiques favorisant la réussite et le bien-être* (p. 27-57). Presses de l'Université du Québec.
- Green, A. E., Spiegel, K. A., Giangrande, E. J., Weinberger, A. B., Gallagher, N. M. et Turkeltaub, P. E. (2017). Thinking cap plus thinking zap: tDCS of frontopolar cortex improves creative analogical reasoning and facilitates conscious augmentation of state creativity in verb generation. *Cerebral Cortex*, 27(4), 2628-2639. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw080>
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444-454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological bulletin*, 53(4), 267-293. <https://doi.org/10.1037/h0040755>
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin press.
- Guskey, T. R. et Sparks, D. (1996). Exploring the Relationship between Staff Development and Improvements in Student Learning. *Journal of Staff Development*, 17(4), 34-38. <https://eric.ed.gov/?id=EJ535078>
- Henriksen, D., Mehta, R. et Rosenberg, J. (2019). Supporting A Creatively Focused Technology Fluent Mindset Among Educators: Survey Results from a Five-Year Inquiry Into Teachers' Confidence in Using Technology. *Journal of Technology and Teacher Education*, 27(1), 63-95. <https://www.learntechlib.org/primary/p/184724/>

- Henriksen, D., Mishra, P. et Mehta, R. (2015). Novel, effective, whole: Toward a NEW framework for evaluations of creative products. *Journal of Technology and Teacher Education*, 23(3), 455-478. <https://www.punyamishra.com/wp-content/uploads/2015/08/JTATE-creativity-special-issue-NEW.pdf>
- Isaksen, S. G., Dorval, K. B. et Treffinger, D. J. (2003). *Résoudre les problèmes par la créativité*. Organisation.
- ISTE. (2019). *ISTE Standards: For Students*. The International Society of Technology in Education. <https://www.iste.org/standards/for-students>
- Koehler, M. J. et Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/primary/p/29544/>
- Koehler, M. J., Mishra, P., Bouck, E. C., DeSchryver, M., Kereluik, K., Shin, T. S. et Wolf, L. G. (2011). Deep play: Developing TPACK for 21st century teachers. *International Journal of Learning Technology*, 6(2), 146-163. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2011.042646>
- Lamb, K. N. (2022). Teachers and Creativity. Dans J. A. Plucker (dir.), *Creativity and Innovation. Theory, Research, and Practice* (2e éd., p. 217-228). Routledge.
- Landis, J. R. et Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Loveless, A., Burton, J. et Turvey, K. (2006). Developing conceptual frameworks for creativity, ICT and teacher education. *Thinking Skills and Creativity*, 1(1), 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2005.07.001>
- Lubart, T., Botella, M., Bourgeois-Bougrine, S., Caroff, X., Guegan, J., Mouchiroud, C., Nelson, J. et Zenasni, F. (2022). *Homo Creativus : The 7 C's of Human Creativity*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-99674-1>
- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S. et Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité* (2<sup>e</sup> éd.). Armand Colin.
- Malo, F. B. et Malo, J. (2022). *La créativité et la résolution des problèmes humains complexes en contexte organisationnel*. *La Méthode IcareRH*. Presses de l'Université Laval.
- Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ]. (2020). *Référentiel de compétences professionnelles. Profession enseignante*. Gouvernement du Québec. [https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/devenir-enseignant/referentiel\\_competences\\_professionnelles\\_profession\\_enseignante.pdf?1606848024](https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/devenir-enseignant/referentiel_competences_professionnelles_profession_enseignante.pdf?1606848024)
- Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ]. (2026). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/Numerique/Cadre-reference-competece-num.pdf>

- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. Jossey-Bass Publishers.
- Meyer, M. S. et Plucker, J. A. (2022). Creativity in Groups Catalyst or Complication? Dans J. A. Plucker (dir.), *Creativity and Innovation. Theory, Research, and Practice* (2e éd., p. 209-216). Routledge.
- Miles, M. B., Huberman, A. M. et Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3<sup>e</sup> éd.). SAGE Publications.
- Mishra, P. et Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054. <https://www.learntechlib.org/p/99246/>
- Mukamurera, J., Lacourse, F. et Couturier, Y. (2006). Des avancées en analyse qualitative : pour une transparence et une systématisation des pratiques. *Recherches qualitatives*, 26(1), 110–138. <https://doi.org/10.7202/1085400ar>
- O’Quin, K. et Besemer, S. P. (1989). The development, reliability, and validity of the revised creative product semantic scale. *Creativity Research Journal*, 2(4), 267-278. <https://doi.org/10.1080/10400418909534323>
- Proctor, R. M. J. et Burnett, P. C. (2004). Measuring Cognitive and Dispositional Characteristics of Creativity in Elementary Students. *Creativity Research Journal*, 16(4), 421-429. <https://doi.org/10.1080/10400410409534553>
- Puryear, J. S. et Lamb, K. N. (2020). Defining creativity: How far have we come since Plucker, Beghetto, and Dow? *Creativity Research Journal*, 32(3), 206–214. <https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1821552>
- Rhodes, M. (1961). An Analysis of Creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42(7), 305–310. <http://www.jstor.org/stable/20342603>
- Richard, M., Carignan, I., Gauthier, C. et Bissonnette, S. (2017). *Quels sont les modèles de formation continue les plus efficaces pour l’enseignement de la lecture et de l’écriture chez les élèves du préscolaire, du primaire et du secondaire ? Une synthèse des connaissances*. FRQSC. <https://r-libre.telug.ca/1099/>
- Romero, M., Lille, B. et Patiño, A. (2017). *Usages créatifs du numérique pour l’apprentissage au XXI<sup>e</sup> siècle*. Presses de l’Université du Québec.
- Rose, L. H. et Lin, H. (1984). A meta-analysis of long-term creativity training programs. *The Journal of Creative Behavior*, 18(1), 11–22. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1984.tb00985.x>
- Royston, R. P. et Reiter-Palmon, R. (2022). Leadership and Creativity What Leaders Can Do to Facilitate Creativity in Organizations. Dans J. A. Plucker (dir.), *Creativity and Innovation. Theory, Research, and Practice* (2e éd., p. 305-326). Routledge.
- Runco, M. A. et Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity research journal*, 24(1), 92-96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>

- Scott, G., Leritz, L. E. et Mumford, M. D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16(4), 361-388. <https://doi.org/10.1080/10400410409534549>
- Society for the Neuroscience of Creativity. (2024). *What Creativity is, and What it Isn't*. <https://www.tsfn.org/blog-wells/what-creativity-is-and-what-it-isnt>
- Sternberg, R. J. (2012). The assessment of creativity: An investment-based approach. *Creativity research journal*, 24(1), 3-12. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652925>
- Sternberg, R. J. et Karami, S. (2022). An 8P theoretical framework for understanding creativity and theories of creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 56(1), 55-78. <https://doi.org/10.1002/jocb.516>
- Terzidis, A. et Darbellay, F. (2017). Un développement professionnel durable ? Les clés de l'interdisciplinarité et de la créativité pour la formation des enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, 43(3), 124-153. <https://doi.org/10.7202/1050975ar>
- Uwamariya, A. et Mukamurera, J. (2005). Le concept de développement professionnel en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155. <http://www.erudit.org/revue/rse/2005/v31/n1/012361ar.pdf>
- Van der Maren, J. (2004). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Presses de l'Université de Montréal.
- Vuorikari, R., Kluzer, S. et Punie, Y. (2022). *DigComp2.2. The Digital Competence Framework for Citizens. With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Commission Européenne. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. J. Cape.
- Warford, M. K. (2011). The zone of proximal "teacher" development. *Teaching and Teacher Education*, 27(2), 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.008>
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Publications.