

# Modélisation de la maturité numérique des enseignants

## État de l'art et conception d'un modèle unifié : MUME

Christine Michel<sup>1</sup> et Laëtitia Pierrot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Poitiers, UR TECHNE, Poitiers, France  
christine.michel@univ-poitiers.fr

<sup>2</sup> Université de Franche-Comté, UR ELLIADD / UAR MSHE, Besançon, France  
laetitia.pierrot@univ-fcomte.fr

**Résumé.** Cet article présente une revue de littérature des modèles de maturité numérique des enseignants. Dans ce cadre, nous avons extrait 11 modèles applicables au champ de l'enseignement scolaire obligatoire et proposons une synthèse des dimensions constitutives de chacun des modèles et de la manière dont ces dimensions contribuent à déterminer les niveaux de maturité numérique des enseignants. Si notre synthèse met en lumière la diversité des dimensions retenues dans les modèles, elle révèle aussi que la plupart de ces modèles ne fournissent qu'une image partielle de la maturité numérique. En outre, l'essentiel de ces modèles se concentre sur les derniers niveaux de maturité, associés à des enseignants innovateurs ou pionniers, et écarte les enseignants non utilisateurs ou faibles utilisateurs numériques, pourtant bien représentés dans le contexte français. La dernière partie de l'article consiste à proposer un modèle unifié de la maturité numérique des enseignants, MUME, répondant à ces deux problèmes.

**Mots-clés:** Modèle de maturité numérique, Intégration du numérique à l'école, Pratiques numériques des enseignants.

**Abstract.** This article presents a literature review of models for measuring teachers' digital maturity. From our review, we identified 11 models that are relevant to compulsory schooling. In this paper, we aim to synthesize the constituent dimensions of each model and explore how these dimensions contribute to determining the digital maturity levels of teachers. Our synthesis highlights the diversity of dimensions included in the models but also reveals that many of them provide only a partial view of technology maturity. Additionally, most of these models focus on the latest levels of maturity, associated with innovative or pioneering teachers, and do not consider non- or low digital user teachers, who are well represented in the French context. We propose a unified model of teachers' digital maturity to address these issues, called MUME.

**Keywords:** Technology maturity model, Technology integration in education, Teachers' digital practices.

## 1 Introduction

La transformation numérique est devenue l'un des enjeux les plus critiques dans le contexte éducatif [1]. En France, cette transformation est d'autant plus cruciale qu'une faible intégration des outils numériques s'observe dans les pratiques des enseignants du premier et du second degré<sup>1</sup>. De plus, le potentiel des technologies numériques pour l'enseignement et l'apprentissage ne dépend pas principalement du type de technologie ou de sa fréquence d'utilisation, mais plutôt de la façon dont les technologies numériques sont utilisées pour stimuler cognitivement les élèves et les engager dans des activités d'apprentissage [1]. Or, la crise sanitaire de 2020 a eu un effet de stimulation sur les usages numériques, mais ils restent encore limités à des pratiques de transmission de ressources et d'apprentissage passif [2]. Différents modèles, comme le TPACK [3], le SAMR [4], le NETS-T[5] ou le DigCompEdu [6] ont été proposés pour décrire les capacités, les dynamiques, les niveaux d'intégration ou de maturité numérique des enseignants, mais ces modèles sont relativement hétérogènes.

Dans son sens courant, la maturité désigne un état d'être complet, parfait ou prêt, qui s'inscrit dans un système [7]. Dans les contextes organisationnels, la maturité est l'objectif qui guide de nombreux besoins de transformations, c'est-à-dire des changements fondamentaux de stratégies, de structures et de répartition du pouvoir, et la transformation numérique peut être considérée comme un processus continu d'adoption par les collaborateurs d'une offre numérique en pleine mutation [7]. En éducation, les modèles de maturité s'intéressent aux différentes dimensions qui agissent sur l'intégration des technologies, en particulier le pilotage des actions de numérisation des structures et l'activité professionnelle des enseignants. Ainsi, au-delà des problématiques d'accès, de disponibilité et de fréquence d'usage, la maturité numérique considère-t-elle des questions de politique institutionnelle et de pédagogie (par exemple au niveau des contenus disciplinaires et pédagogiques traités, ou encore des changements attendus en ajoutant l'outil numérique) soulevées par l'introduction des technologies [8]. Les modèles de maturité trouvent aussi leur intérêt pour mesurer, diagnostiquer ou accompagner les enseignants dans leur utilisation du numérique [9]. Plus largement, l'étude de la maturité permet d'aborder l'adoption des outils numériques en combinant des facteurs liés à l'enseignant, et à son contexte d'exercice professionnel [10]. Pour cela, il est nécessaire de considérer l'apprenant, l'enseignant et leur contexte plus large en collectant des données pour mesurer l'étendue et la profondeur de l'intégration du numérique dans un établissement [11–13]. Cette approche socio-contextuelle de l'adoption du numérique se distingue des travaux portant sur le « bon » usage attendu du numérique, et invite à s'intéresser notamment aux enseignants, en tant « qu'agents de changement », voire de « leader » qui mettent en œuvre l'outil [5, 14]. L'état de l'art réalisé dans le cadre de cet article s'inscrit dans cette perspective.

---

<sup>1</sup> <https://www.education.gouv.fr/media/95365/download>

La multitude de modèles existants sur la maturité numérique des enseignants met en concurrence des observations empiriques de pratiques conceptualisées, des propositions théoriques non éprouvées sur le terrain et d'autres validés empiriquement. Or, ces modèles deviennent les socles à partir desquels se font des analyses empiriques, et des stratégies de formation des enseignants ou de diagnostics des établissements. Ces modèles sont aussi utiles pour construire des cursus de formation ou adapter les EIAH au profil des apprenants, qu'ils s'agissent d'élèves ou d'enseignants. En effet, tout comme le CRCN (adapté du DigComp) et Pix ont structuré les méthodes de certification et formation au numérique des élèves en France, les enseignants seront prochainement certifiés sur la base du CRCN-Edu (adaptation du DigCompEdu) et formés par une version spécifique de Pix : Pix+Edu<sup>2</sup>.

L'objectif de notre étude est donc, à partir d'une revue de littérature, de faire une analyse des différents modèles de maturité et de proposer une version unifiée ayant une dimension holistique. Notre question générale de recherche (QR) est la suivante : quel modèle représente le mieux la maturité numérique des enseignants ? Spécifiquement, selon quels domaines la définir ? (QR1) Selon quels niveaux la caractériser ? (QR2).

## 2 Méthode

Nous avons travaillé selon une méthode de revue herméneutique [15], c'est-à-dire en identifiant : (1) les modèles de maturité des enseignants en partant des précédentes revues systématiques de littérature portant sur les modèles d'intégration et de maturité numérique en éducation [8–10, 14, 16, 17] et dans d'autres organisations [7, 18], (2) en suivant l'ensemble des travaux cités dans l'article ou citant l'article pour découvrir d'autres modèles jusqu'à ne plus en avoir de nouveaux. Seuls les modèles applicables au contexte de l'enseignement obligatoire ont été retenus, soit 21 modèles [19]. Nous avons ensuite comparé ces modèles en considérant [7, 9] : *le périmètre* (Générique G, ou Spécifique S), *la description de l'activité professionnelle* (Partielle P ou Globale G), *la place de l'apprenant* (Faible F ou Présente P), *la spécification de niveaux de maturité* (Oui O ou Non N), *l'utilité* (Accompagnement A, Descriptif De ou Diagnostic Di), *l'origine de conception du modèle* (Empirique E ou Théorique T) et *la validation* (Oui O ou Non N)). Sur cette base, nous avons choisi les 11 modèles qui sont : les plus génériques en termes de périmètre, de description de l'activité professionnelle, les plus précis en termes de description de niveaux et qui sont basés sur des études empiriques ou qui ont été validés.

### 2.1 Comparaison des modèles selon leurs caractéristiques de conception

La plupart des modèles (voir tableau 1) envisagent le contexte d'utilisation du numérique comme un élément générique, 2 modèles spécifient ce contexte. 5 modèles ont la particularité de vouloir considérer l'ensemble de l'activité professionnelle des enseignants, en incluant les tâches en dehors de la classe (préparation, planification, etc.).

---

<sup>2</sup> <https://pix.fr/actualites/actualite-pix-edu/>

L'activité d'enseignement est complétée, pour 6 modèles, par celle des apprenants. Les niveaux de maturité ne sont pas mesurés dans 4 modèles. Ces modèles ont principalement une utilité descriptive. Dans les 7 autres modèles, la maturité numérique des enseignants est considérée comme un élément de développement professionnel, d'où la présence d'outils de diagnostic voire de guides ou feuilles de route pour favoriser le déploiement des technologies.

La modélisation de l'intégration du numérique dans l'enseignement provient, pour l'essentiel, de travaux basés sur l'observation de pratiques : 5 d'entre eux ont un ancrage théorique précisé et 7 modèles ont fait l'objet d'une validation empirique.

**Table 1.** Synthèse des modèles en fonction de leurs principales caractéristiques

	Péri- mètre	Activité pro- fessionnelle	Place de l'apprenant	Niveau de maturité	Utilité	Origine du modèle	Vali- dation
BECTA [20]	G	G	F	O	Di	E	N
CIT [14]	G	G	F	N	A	E	N
DigCompEdu [6]	S	G	P	O	A	T	O
ICAP [1, 21]	G	P	P	O	A	T	O
ICTE-MM [16]	G	G	P	O	A	E	O
LoTi [22, 23]	G	P	F	O	Di	T	O
NETS-T [5]	S	G	P	N	A	E	O
PICRAT [9]	G	P	P	N	De	T	N
SAMR [4]	G	P	F	O	De	E	N
TIM [24]	G	P	P	O	Di	E	O
TPACK [3, 25]	G	P	F	N	De	T	O

### 3 Les modèles de maturité

#### 3.1 Modèles basés sur les dynamiques d'appropriation des enseignants

Selon Puentedura, SAMR encourage les éducateurs à « passer » des niveaux d'enseignement grâce à la technologie, tout en maintenant la valeur et l'importance de la pédagogie et le curriculum [4]. 4 étapes définissent le SAMR : *substitution, augmentation, modification et redéfinition* de la tâche d'enseignement avec la technologie. Le modèle a été développé à partir d'observations et sans fondements théoriques, il est pourtant largement utilisé et cité dans les travaux scientifiques [26].

Le CIT [14] considère le processus collectif de renforcement des connaissances d'un groupe (enseignants, chefs de bureau, directeurs) et la manière dont la culture de l'organisation peut soutenir (ou entraver) l'intégration des technologies éducatives dans les pratiques scolaires. Le modèle comporte 4 états, plutôt qu'étapes, pour signaler que ces états ne sont pas linéaires et peuvent être vécus simultanément par les enseignants : lorsqu'une nouvelle technologie est introduite, le collectif est d'abord dans une phase de *choc* qui précède une phase de *négociation* vis-à-vis de leurs préjugés sur l'objet (positive, s'ils jugent par exemple que la technologie peut leur faire

gagner du temps, négative à l'inverse), puis des phases d'*autonomisation* (durant lesquelles ils construisent les premiers usages) et *exploration* (durant lesquelles ils développent de nouveaux usages).

### 3.2 Modèle basé sur les dimensions de la maturité pour les enseignants

Le TPACK [3, 25] est considéré comme l'un des modèles les plus importants décrivant les compétences des enseignants pour un enseignement réussi avec la technologie. La valeur ajoutée du modèle est de ne pas considérer individuellement les connaissances technologiques (TK), du contenu (CK) et pédagogiques (PK), mais plutôt leurs interactions matérialisées par les zones de recouvrement (TCK, PCK, TPK). En 2019, TPACK évolue pour inclure les connaissances contextuelles (XK) sur la manière d'intégrer les contraintes organisationnelles et situationnelles [25]. Le succès des efforts des enseignants ne dépend ainsi uniquement de leur connaissance TK, PK, CK et de leurs chevauchements, mais aussi de leur capacité à les mettre en œuvre en fonction du contexte.

### 3.3 Modèles basés sur l'approche pédagogique retenue par les enseignants

ICAP [21] ne décrit pas spécifiquement le niveau de maturité ou la capacité des enseignants, mais plutôt les processus et niveaux d'engagement cognitifs (du plus au moins coûteux) des apprenants pour 4 types d'activités d'apprentissage : *interactives, constructives, actives et passives*. [1]. LoTi a pour objectif d'évaluer l'efficacité de la mise en œuvre du numérique à travers 7 niveaux (du niveau 0, pour la *non-utilisation*, au niveau 6, correspondant au niveau de *raffinement*). Conceptuellement, LoTi décrit 5 dimensions (*enseignement/apprentissage avec le numérique, évaluation avec le numérique, créativité des élèves, développement professionnel et citoyenneté numérique*). L'utilisation des outils et ressources numériques en classe pour l'enseignement et l'apprentissage est mesurée à l'aide d'outils validés empiriquement [22, 23] pour contribuer ensuite au développement professionnel des enseignants.

### 3.4 Modèles mixtes articulant l'efficacité pédagogique et les niveaux de maturité

PICRAT [9] considère le type d'apprentissage et l'engagement de l'apprenant avec l'outil (PIC, passif, interactif, créatif) et comment l'outil modifie la mise en œuvre pédagogique de l'activité (RAT, remplacement, amplification ou transformation de la pratique), soit 9 combinaisons possibles. Pour chacune des catégories, le modèle distingue les méthodes pédagogiques, les processus d'apprentissage des élèves et les objectifs didactiques. Le TIM [24] se matérialise sous la forme d'une matrice d'intégration technologique<sup>3</sup>. Il comporte 5 niveaux d'intégration technologique (entrée, adoption, adaptation, infusion et transformation) et 5 caractéristiques de l'environnement d'apprentis-

---

<sup>3</sup> <http://mytechmatrix.org> et <https://fcit.usf.edu/matrix/matrix>

sage (actif, collaboratif, constructif, authentique et orienté vers un objectif) qui s'articulent autour des meilleures pratiques. Il aide l'enseignant à choisir comment utiliser les outils technologiques pour atteindre les objectifs d'apprentissage.

### 3.5 Modèles mixtes articulant les compétences et les niveaux de maturité

Le DigCompEdu a été développé pour définir les compétences numériques des enseignants, pour tous les niveaux ou matières à enseigner, à l'échelle européenne [6]. DigCompEdu considère les compétences professionnelles, pédagogiques et de l'apprenant selon 6 domaines (eux même décomposé en 3 à 6 sous-domaines) et 6 niveaux d'utilisation du numérique dans l'éducation. Les NETS-T (Normes nationales de technologie éducative pour les enseignants) se décomposent en 5 domaines décrits selon 4 types d'activités [5]. Dans l'ensemble, ces normes sont conçues pour l'autodiagnostic et la création de programmes éducatifs permettant aux enseignants de changer les attitudes à l'égard des nouvelles technologies. Elles ont été élaborées grâce aux contributions d'acteurs divers de l'éducation [27].

### 3.6 Modèles descriptifs de la maturité des organisations

Le modèle développé par le Becta en 2008 est conçu pour aider les établissements d'enseignement supérieur à atteindre une maturité numérique à travers un outil d'autoévaluation autour de 5 domaines (*leadership, contexte, ressources, soutien à l'apprentissage et enseignement et apprentissage*) et 5 niveaux à destination des décideurs et des enseignants [20]. Le modèle a été complété en 2018 [28] pour décrire les contextes et cultures scolaires favorisant le développement systématisé du numérique (l'intégration) par la gestion et le soutien aux activités d'enseignement et d'apprentissage.

ICTE-MM est une proposition qui a pour ambition de se rapprocher de standards internationaux [16] et s'inspire pour cela du modèle standardisé du CMMI<sup>4</sup> (Capability Maturity Model Integration) et des travaux de l'ISTE [5]. Le modèle distingue 3 dimensions susceptibles de soutenir les processus éducatifs (*pilotage, stimulation de la culture numérique, ressources d'information et TIC*). ICTE-MM propose un outil d'autoévaluation et une feuille de route pour guider les chefs d'établissement sur la gestion du numérique.

## 4 Vers un modèle unifié de la maturité numérique des enseignants : MUME

### 4.1 MUME : les domaines descriptifs

Les domaines de caractérisation des modèles ont été structurés en considérant les modèles d'intégration les plus généraux pour aller vers les plus spécifiques. Les modèles ont été intégrés de manière à préserver au maximum les domaines et la structure de

---

<sup>4</sup> <https://www.cmmiinstitute.com/>

chaque modèle. Différentes restructurations ont été opérées de manière à articuler les modèles entre eux dans une vue unifiée (voir figure 1). Lorsqu'un domaine était déjà présent, il n'a pas été affiché dans la structuration. Ainsi l'ensemble des domaines du LoTi n'apparaissent pas explicitement dans la modélisation, mais ils sont considérés dans la mesure où ils sont déjà présents dans les autres modèles. 4 modèles structurent cette vue unifiée: le TPACK, le ICTE-MM, le DigCompEdu et l'ICAP. Nous avons choisi de ne faire apparaître dans le TPACK que les dimensions qui concernent l'intégration des technologies, soit TPCK et XK.

Nous avons opéré des restructurations sur l'ICTE-MM et le DigCompEdu : les élèves ont été intégrés aux domaines du DigCompEdu qui concernent l'enseignant puisque ce sont les actions de l'enseignant vers les élèves qui sont considérés et non les actions des élèves eux-mêmes. Ainsi ces domaines sont-ils rattachés sous l'enseignant, dans la gestion des élèves. D'autres sous-domaines (du domaine 3) du DigCompEdu ont été restructurés autour : des pratiques pédagogiques de l'ICAP (pour intégrer le TIM et le PICRAT) et de la gestion des élèves (pour intégrer le sous-domaine « conseil »). La gestion de l'éducation de l'ICTE-MM a été, de la même manière, intégrée au domaine des administrateurs. Les dimensions du BECTA ont pu être ajoutées sur cette base. Les domaines du NETS-T (en jaune, à droite, dans la figure 1), ne sont pas cohérents avec les autres, car structurés par rôle plutôt que par compétence, mais ont été ajoutés pour faciliter, dans une perspective UX design, la conception de moyens ou de services d'accompagnement à la montée en maturité.

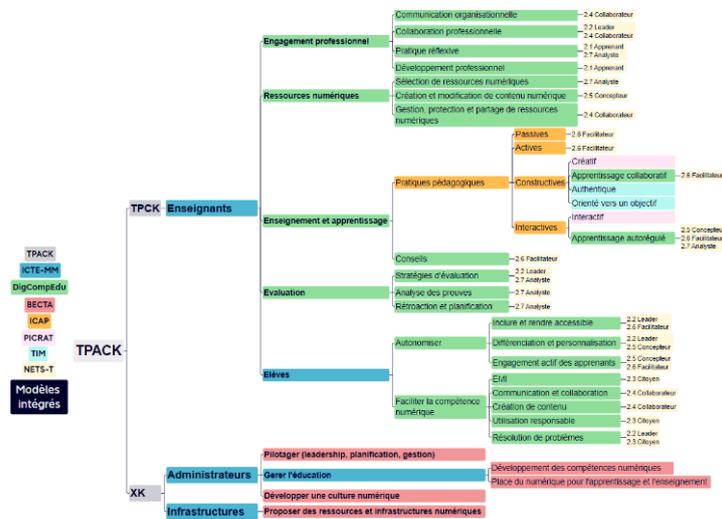


Fig. 1. (a) Modèles considérés (b) Critères de caractérisation des modèles de maturité

Le modèle unifié proposé comporte 3 domaines principaux (issus de l'ICTE-MM) : enseignants, administrateurs et infrastructure. Le domaine enseignant a été réduit à 4 sous-domaines (provenant du DigCompEdu) : engagement professionnel, ressources numériques, enseignement et apprentissage, évaluation et élèves. Les sous-domaines « enseignement et apprentissage » et « évaluation » pourraient être fusionnés, comme

dans le CRCN-Edu, mais la spécificité des sous-domaines de « évaluation » qui correspond à un rôle d'analyste doit être distinguée.

## 4.2 MUME : les niveaux d'intégration

Lorsque l'on compare les différents modèles en termes de niveau (voir tableau 2), on perçoit de nombreuses différences. Rares sont les modèles à ne pas mentionner de gradation dans les pratiques ou compétences (comme le TPACK ou les NETS-T). Les autres modèles considèrent un nombre de niveaux variant de 3 à 7. Seuls le DigCompEdu, le NETS-T et les modèles de maturité organisationnelle considèrent le rôle de leader que peut jouer l'enseignant dans la diffusion des usages et pratiques par la collaboration et le partage. Cette activité étant critique pour la diffusion des usages, nous choisissons de la conserver. De la même manière, seuls le CIT, le TPACK, le LoTi et les modèles de maturité organisationnelle considèrent la non-utilisation. Dans la mesure où toutes les pratiques ne sont pas instrumentées et que le choix de ne pas instrumenter ses pratiques ne relève pas nécessairement d'un manque de compétence chez les enseignants (hors contexte COVID), mais plutôt d'un choix pédagogique, nous conservons cette catégorie et intégrons dans la population un groupe de non-utilisateurs.

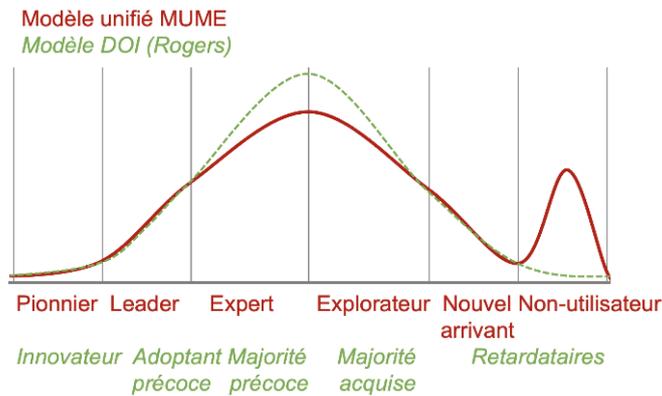
Les modèles ont aussi différents points communs. À part le NET-S, tous intègrent une gradation de la maturité allant d'un niveau « entrée », qui correspond aux usages les plus simples, à un niveau « transformation », correspondant à la création d'innovation d'usage avec la technologie. Dans la plupart des modèles (SAMR, CIT, ICAP, LoTi, TIM, DigCompEdu, BECTA, ICTE-MM) cette gradation considère l'expertise en termes de compétences techno-pédagogiques avec un cœur à 4 niveaux, globalement aligné sur les définitions de l'ICAP (passif, actif, collaboratif, interactif) et un niveau 5 qui correspond à la capacité à innover vers de nouvelles formes techno-pédagogiques.

Si on ajoute un niveau de « non-utilisation » au modèle de diffusion de l'innovation (ou *DOI*) de Rogers [29], on peut constater que les niveaux 6, 5, 3, 2, 1 (« Innovateur », « Adoptant précoce », « Retardataire » et « Non-utilisateur ») sont cohérents pour l'ensemble des modèles. Les niveaux 1 et 2 correspondent respectivement à une non-maturité et une entrée dans le processus d'intégration des technologies principalement par des pratiques de conception simple et de transmission de supports de formation. Le niveau 3 (majorité active) correspond à une phase d'exploration des possibilités et se concrétise au niveau 4 (et majorité précoce) par des stratégies pédagogiques actives. Le niveau 5 est plutôt caractérisé par des pratiques de leadership et de partage vers les autres membres de la communauté, ainsi que de gestion et d'analyse. Le niveau 6 est caractérisé par des capacités d'innovation et de maîtrise complète de l'intégration des technologies. Le niveau 4 est moins cohérent. Il est souvent distingué dans les modèles spécifiques pour l'éducation en 2 niveaux : (expert, intégrateur) pour le DigCompEdu, (Infusion, Intégration) pour le LoTi, (Infusion, Adaptation) pour le TIM. Cette distinction ne nous semble utile que pour identifier les pratiques interactives et collaboratives. En effet, les pratiques interactives sont actuellement peu développées et pourraient correspondre à un niveau « adoptant précoce », mais ne correspondent pas à la capacité de diffusion et leadership de cette catégorie. Nous choisissons donc dans un premier temps

de les intégrer au niveau 4 et vérifierons la cohérence de ce choix par une étude empirique.

**Table 2.** Synthèse des modèles en fonction des niveaux de maturité

Modèles	Description des niveaux						Nb niveaux	
<b>DOI</b>	Innovateur	Adoptant précoce	Majorité précoce	Majorité acquise	Retardataire		5	
<b>ICTE-MM</b>	5 Optimisé.	4 Géré	3 Défini		2 Développement	1 Initial	5	
<b>BECTA</b>	5. Maturité	4. Avancé	3. Compétent	2. Autonomisation		1. Pas de maturité	5	
<b>DigCompEdu</b>	Pionnier (C2)	Leader (C1)	Expert (B2)	Intégrateur (B1)	Explorateur (A2)	Nouvel arrivant (A1)	6	
<b>LoTi</b>	Perfectionnement	Expansion	Intégration	Infusion	Exploration	Sensibilisation	7	
<b>ICAP</b>			Interactif	Collaboratif	Actif	Passif	4	
<b>PICRAT</b>	Transformation		Amplification		Remplacement		3	
<b>TIM</b>	Transformation		Infusion	Adaptation	Adoption	Entrée	5	
<b>SAMR</b>	Redéfinition	Modification		Augmentation	Substitution		4	
<b>CIT Model</b>	Explorateur	Autonomisation			Négociation	Choc	4	
<b>TPACK</b>	TPCK						TK, PK, CK	1
<b>NETS-T</b>							Pas de niveaux	
<b>Synthèse</b>	<b>Transformation</b>	<b>Développement</b>	<b>Intégration</b>	<b>Amélioration</b>	<b>Substitution</b>	<b>Non-utilisation</b>	<b>6</b>	
	<b>Pionnier</b>	<b>Leader</b>	<b>Expert</b>	<b>Explorateur</b>	<b>Nouvel arrivant</b>	<b>Non-utilisateur</b>	<b>6</b>	



**Fig. 2.** Comparaison des courbes de diffusion des technologies pour l'éducation pour le DOI de Rogers [29] et le modèle unifié MUME

Nous recommandons d'utiliser un modèle en 6 niveaux qui considère soit les processus caractéristiques (*Transformation, Développement, Intégration, Amélioration, Substitu-*

*tion, Non-utilisation*), soit les pratiques des acteurs (*Pionnier, Leader, Expert, Explorateur, Nouvel arrivant, Non-utilisateur*). La courbe correspondante est représentée dans la figure suivante (voir figure 2), à titre indicatif. Des études empiriques doivent être menées pour en définir la forme précise. La classification de Rogers [29] y a aussi été présentée à titre de comparaison.

## 5 Discussion et perspectives

Cet article propose une revue de littérature sur la maturité numérique des enseignants. Nous avons identifié 11 modèles : 9 modèles spécifiques aux pratiques professionnelles des enseignants (sections 2.1 à 2.5) et 2 modèles portant sur leur contexte professionnel (section 2.6). Sur la base d'une analyse comparée de ces modèles, nous proposons un modèle unifié MUME, considérant les aspects individuels liés à l'enseignant, et les aspects organisationnels et contextuels. Ce choix permet de l'utiliser pour des travaux globaux sur l'intégration du numérique en éducation ou pour d'autres considérants uniquement l'enseignant. En outre, ce modèle présente l'avantage de couvrir l'ensemble de l'activité professionnelle de l'enseignant, plutôt qu'uniquement ses tâches d'enseignement. Le modèle unifié est composé de 6 niveaux cohérents globalement avec ceux du DigCompEdu, du DOI de Rogers et du ICTE-MM. Il a, en outre, la particularité d'intégrer un niveau de maturité 0 (niveau 1), correspondant à une non-utilisation que nous considérons comme un choix de l'enseignant plutôt qu'un frein, et de fusionner les niveaux B1 et B2 du DigCompEdu. Ce choix se justifie par le fait de proposer un outil mobilisable, à terme, pour du diagnostic et de l'accompagnement à l'intégration du numérique.

Notre modèle unifié de maturité constitue une première contribution à l'observation et l'analyse des niveaux de maturité numérique des enseignants. À ce stade, nous identifions deux perspectives pour ce travail. La première va consister à aller sur le terrain pour confirmer (ou rejeter) les propositions effectuées. À ce sujet, les projets de déploiement du numérique à l'école, tels que ceux développés dans le cadre des Territoires numériques éducatifs<sup>5</sup>, représentent une bonne opportunité. En effet, ces projets, à l'échelle de départements français, envisagent le numérique comme facteur de transformation systémique. La prise en compte du contexte et de ses spécificités est, dans ce cadre, indispensable et nous pensons que notre modèle unifié répond à cet enjeu. La seconde perspective a trait aux modes de collecte des données pour mesurer les niveaux de maturité. Nous allons étudier : les outils existants et associés à certains modèles basés sur des questionnaires (le SELFIE pour le DigCompEdu, le TPACK-TS pour le TPACK, etc.), et les perspectives de collecte automatique de données. En effet, si ces outils sont parfois validés empiriquement, ils s'appuient principalement sur de l'auto-évaluation, en dépit de la recommandation d'inclure d'autres modes de collecte de données [7, 30]. Notre objectif est, à terme, de s'appuyer sur les potentialités offertes par les travaux des Learning et Teaching Analytics pour proposer une approche mixte d'observation et d'analyse des niveaux de maturité numérique des enseignants.

---

<sup>5</sup> <https://tne.reseau-canope.fr/>

**Remerciements .** Ce travail a été réalisé en collaboration avec l'entreprise *Open Digital Education* et financé dans le cadre du projet *CoAI-DataStim* (Académie de Paris), du projet *TNE25* (Région académique Bourgogne-Franche-Comté) et du programme *NEXT* (Maison des sciences de l'homme et de l'environnement).

## References

1. Antonietti, C., Schmitz, M.-L., Consoli, T., Cattaneo, A., Gonon, P., Petko, D.: "Development and validation of the ICAP Technology Scale to measure how teachers integrate technology into learning activities." *Comput. Educ.* 192, (2023).
2. Michel, C., Pierrot, L.: Towards Modelling the Technology Integration in Elementary School. A Diachronic Study of Teachers' Digital Practices During and After Covid-19 Lockdown. In: Hilliger, I., Muñoz-Merino, P.J., De Laet, T., Ortega-Arranz, A., and Farrell, T. (eds.) *Educating for a New Future: Making Sense of Technology-Enhanced Learning Adoption*. pp. 201–214. Springer International Publishing, Cham (2022). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16290-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16290-9_15).
3. Mishra, P., Koehler, M.J.: Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teach. Coll. Rec.* 108, 1017–1054 (2006).
4. Puentedura, R.: SAMR - A research perspective. (2012).
5. ISTE: ISTE Standards for Educators, <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-teachers>, last accessed 2023/01/09.
6. Redecker, C.: European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Y. (ed). EUR 28775 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg (2017).
7. Teichert, R.: Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.* 67, 1673–1687 (2019).
8. Franklin, C., Bolick, C.: Technology Integration: A Review of the Literature. Presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference March 26 (2007).
9. Kimmons, R., Graham, C.R., West, R.E.: The PICRAT Model for Technology Integration in Teacher Preparation. *Contemp. Issues Technol. Teach. Educ.* 20, 176–198 (2020).
10. Harrison, C., Tomás, C., Crook, C.: An e-maturity analysis explains intention–behavior disjunctions in technology adoption in UK schools. *Comput. Hum. Behav.* 34, 345–351 (2014).
11. Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Coyne, E., Farrington-Flint, L., Selwood, I.: Impact 2007: Personalising Learning with Technology, [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110130111510/http://research.becta.org.uk/index.php?section=rh&catcode=\\_re\\_rp\\_02&rid=14202](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110130111510/http://research.becta.org.uk/index.php?section=rh&catcode=_re_rp_02&rid=14202), last accessed 2021/04/30.
12. Underwood, J., Dillon, G.: Capturing complexity through maturity modelling. *Technol. Pedagogy Educ.* 13, 213–225 (2004).
13. Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Dillon, G., Farrington-Flint, L.: Understanding the Impact of Technology: Learner and School level factors 2010. (2010).

14. Leite, L., Lagstedt, A.: The Collective Integration of Technology (CIT) Model: Helping Teachers Incorporate Technology Meaningfully in their Everyday Work. *Int. J. Educ. Dev. Using Inf. Commun. Technol.* 17, 249–268 (2021).
15. Sackstein, S., Mathee, M., Weilbach, L.: Theories and Models Employed to Understand the Use of Technology in Education: A Hermeneutic Literature Review. *Educ. Inf. Technol.* (2022).
16. Solar, M., Sabattin, J., Parada, V.: A Maturity Model for Assessing the use of ICT in School Education. *Educ. Technol. Soc.* 16, 206–218 (2013).
17. Carvalho, J., Pereira, R.H., Rocha, Á.: Maturity models of education information systems and technologies: A systematic literature review. (2018).
18. Pee, L.G., Kankanhalli, A.: A Model of Organisational Knowledge Management Maturity Based on People, Process, and Technology. *J. Inf. Knowl. Manag.* 08, 79–99 (2009).
19. Michel, C., Pierrot, L.: Les modèles de la maturité numérique des enseignants Lot 1 - État de l'art. (2023).
20. BECTA: Measuring e-maturity amongst work-based learning providers 2008 : final report. British Educational Communications and Technology Agency (BECTA) (2008).
21. Chi, M.T.H., Adams, J., Bogusch, E.B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K.L., Stump, G.S., Wylie, R., Xu, D., Yaghmourian, D.L.: Translating the ICAP Theory of Cognitive Engagement Into Practice. *Cogn. Sci.* 42, 1777–1832 (2018).
22. Moersch, C.: Levels of Technology Implementation (LoTi): A framework for measuring classroom technology use. *Learn. Lead. Technol.* 23, (1995).
23. Stoltzfus, J.: Determining Educational Technology and Instructional Learning Skill Sets (DETAILS): A New Approach to the LoTi Framework for the 21 st Century. (2006).
24. Kozdras, D., Welsh, J.: Enter the Matrix: A Pedagogy for Infusing Technology. In: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. pp. 536–541. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE) (2018).
25. Mishra, P.: Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade. *J. Digit. Learn. Teach. Educ.* 35, 76–78 (2019).
26. Blundell, C.N., Mukherjee, M., Nykvist, S.: A scoping review of the application of the SAMR model in research. *Comput. Educ. Open.* 3, (2022).
27. Crompton, H., Sykora, C.: Developing instructional technology standards for educators: A design-based research study. *Comput. Educ. Open.* 2, (2021).
28. Ristić, M.: E-Maturity in Schools. *Croat. J. Educ.* 19, 317–334 (2018).
29. Rogers, E.M.: Diffusion of Innovations. Free Press, USA (2003).
30. Tomczyk, Ł., Fedeli, L.: Digital Literacy among Teachers -Mapping Theoretical Frameworks: TPACK, DigCompEdu, UNESCO, NETS-T, DigiLit Leicester. Presented at the November 1 (2021).