

Appropriation pédagogique de l'IA au primaire au service des savoirs fondamentaux

Hervé Allesant¹ Valerie Theric² Ismail Badache³ Rose Delene¹ Maria Impedovo²

(1) Aix-Marseille Université, Académie d'Aix-Marseille, Marseille, France

(2) Aix Marseille Université, ADEF, Marseille, France

(3) Aix-Marseille Université, CNRS, LIS, Marseille, France

{Herve.Allesant, Rose.Delene}@ac-aix-marseille.fr

{Ismail.Badache, Maria.Impedovo, Valerie.Theric}@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Cette recherche explore l'appropriation pédagogique de l'intelligence artificielle (IA) à l'école primaire dans le cadre des apprentissages STEM (Science, Technologie, Ingénierie et Mathématiques), en particulier le raisonnement scientifique et les compétences mathématiques fondamentales. Le projet repose sur une méthodologie quasi-expérimentale impliquant environ 25–30 élèves par cohorte sur deux années scolaires. Les activités incluent l'entraînement de modèles d'IA pour reconnaître des figures géométriques ou des configurations digitales, permettant aux élèves d'adopter une posture d'enseignant face au système. Les résultats attendus visent à améliorer le raisonnement scientifique, la pensée computationnelle et les compétences en calcul mental et résolution de problèmes, dans une perspective d'intégration raisonnée, éthique et progressive de l'IA en classe.

ABSTRACT

Pedagogical appropriation of AI in primary school to develop fundamental knowledge

This research explores the pedagogical appropriation of artificial intelligence (AI) in primary schools within the framework of STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) learning, focusing on scientific reasoning and fundamental mathematical skills. Using a quasi-experimental methodology with approximately 25–30 students per cohort over two school years, pedagogical activities include training AI models to recognize geometric figures or digital configurations, allowing students to adopt a "teacher" role. The expected outcomes aim to improve scientific reasoning, computational thinking, and mental calculation and problem-solving skills, within a perspective of a reasoned, ethical, and progressive integration of AI in the classroom.

MOTS-CLÉS : IA, STEM, raisonnement scientifique, école primaire (6 à 9 ans), recherche-action.

KEYWORDS: AI, STEM, scientific reasoning, primary school (ages 6 to 9), action research.

1 Introduction

L'IA, envisagée à la fois comme outil technique, ressource pédagogique et objet socio-technique, offre des opportunités nouvelles pour soutenir l'apprentissage (Luckin *et al.*, 2021; Selwyn, 2019). Son intégration à l'école primaire nécessite une approche didactique adaptée, prenant en compte l'âge des élèves, les enjeux éthiques et les conditions réelles d'enseignement (DEPP, 2022, 2025). La recherche s'inscrit dans une perspective d'appropriation progressive de l'IA par laquelle enseignants

et élèves se familiarisent avec les outils et concepts en leur donnant un sens dans les pratiques de classe (IPSOS, 2025; Romero *et al.*, 2023). L'objectif est de permettre aux élèves de développer des compétences STEM fondamentales tout en accédant à une compréhension élémentaire des principes de l'IA (données, règles, décisions automatisées) adaptée au niveau primaire (Tan & Tang, 2025).

2 Cadre théorique : repères essentiels

L'UNESCO (UNESCO, 2023) préconise une intégration de l'IA fondée sur des principes éthiques et centrée sur l'humain, tandis que le cadre du MEN (Ministère de l'Éducation nationale (MEN), 2025) alerte sur les risques d'une exposition précoce des élèves aux LLM. En France, seuls 16,1% des enseignants du premier degré se déclarent préparés à l'usage du numérique pour l'enseignement (DEPP, 2022). L'intégration de l'IA dans les apprentissages STEM à l'école primaire est perçue comme un vecteur de transformation pédagogique (IPSOS, 2025) : elle enrichit les démarches d'investigation, favorise la compréhension active et soutient l'engagement cognitif authentique.

Dans le domaine des mathématiques, l'IA peut renforcer le calcul mental et la résolution de problèmes via des exercices adaptatifs. Les approches constructivistes et expérientielles combinées à l'IA permettent de personnaliser les parcours d'apprentissage, d'ajuster les exercices au niveau des élèves et de fournir des rétroactions immédiates (Luckin *et al.*, 2021). L'IA peut également contribuer à l'inclusion en adaptant le contenu aux besoins spécifiques (Tan & Tang, 2025). Toutefois, une médiation pédagogique significative reste indispensable (Catroux, 2002) : les enseignants doivent être formés pour intégrer ces outils de manière critique et contextualisée.

3 Le projet PriMIATHS @CreativLab AMPIRIC

PriMIATHS est une recherche collaborative et interdisciplinaire financée par AMPIRIC. Elle vise à analyser l'impact d'un dispositif pédagogique innovant intégrant l'IA pour soutenir le développement des savoirs fondamentaux en mathématiques à l'école primaire. Le dispositif repose sur une méthodologie quasi-expérimentale en situation écologique (groupe expérimental / groupe contrôle), déployée en trois phases : co-conception des scénarios pédagogiques, mise en œuvre et collecte de données, et production de ressources transférables pour la formation des enseignants.

L'étude est conduite à l'école élémentaire Cité Michelis 2 (Marseille, 11^e arr., quartier de La Valbarelle), établissement dont l'Indice de Position Sociale (IPS) reflète un environnement socio-éducatif modérément défavorable.

Les activités pédagogiques, conçues pour une classe de CP, travaillent les représentations analogiques des petites quantités à travers les configurations digitales. Le module permet aux élèves de produire différentes postures digitales correspondant à une même cardinalité et d'entraîner un modèle d'IA de type teachable machine à les reconnaître. Conformément à Dehaene Stanislas (Dehaene, 1992) et Butterworth Brian (Butterworth, 1999), nous faisons l'hypothèse que la variation contrôlée des représentations d'une même quantité favorise la construction de l'invariance du nombre (Piaget, 1952) et soutient la flexibilité représentationnelle. La contrainte algorithmique, le modèle étant sensible aux variations perceptives (pouce ou auriculaire replié), constitue une variable didactique pertinente qui rend visibles les critères implicites de catégorisation.

Cette situation s'analyse à la lumière de la théorie des situations didactiques de (Brousseau, 1998), l'artefact numérique jouant le rôle de milieu réactif. L'activité combine manipulation corporelle,

variation représentationnelle et raisonnement algorithmique, offrant une double opportunité : renforcer la compréhension de la cardinalité et initier les élèves à la littératie algorithmique.

3.1 Hypothèse et Questions de recherche

3.1.1 Hypothèse de recherche

Notre hypothèse principale postule que l'engagement actif des élèves dans des activités STEM intégrant l'intelligence artificielle (IA) entraîne une amélioration significative de leurs compétences par rapport à un groupe témoin. Plus précisément, nous supposons que cette approche pédagogique ciblée stimule conjointement le développement du raisonnement scientifique, la compréhension des concepts technologiques, la pensée computationnelle ainsi que les aptitudes mathématiques (notamment le calcul mental et la résolution de problèmes).

3.1.2 Questions de recherche

De cette hypothèse émergent les questions de recherche suivantes :

1. Dans quelle mesure la participation à des activités STEM intégrant l'IA influence-t-elle le développement global de ces compétences cognitives et techniques chez les élèves comparativement au groupe témoin ?
2. De manière plus granulaire, comment cette participation impacte-t-elle :
 - le développement du raisonnement scientifique ?
 - l'acquisition et la compréhension des concepts technologiques ?
 - l'évolution de la pensée computationnelle ?
 - l'amélioration des compétences mathématiques (calcul mental et résolution de problèmes) ?

4 Méthodologie : aperçu du premier jet

Le projet mobilise le Scientific Thinking Skills Assessment Tool (STS-AT) (Ozturk, 2025) et le Test de Maîtrise des Concepts Computationnels (Sigayret *et al.*, 2021), en cours d'adaptation au contexte francophone. La population comprend environ 25 à 30 élèves volontaires par cohorte sur deux années scolaires, avec un groupe témoin évalué aux mêmes moments. L'évaluation se déroule en trois étapes : pré-test, évaluation formative intermédiaire (tâches débranchées, observations, productions), et post-test. Les analyses combinent approches quantitatives (scores aux instruments) et qualitatives (observations, journaux de bord).

Cet article, centré sur la phase initiale du projet, porte sur la conception pédagogique du scénario et sur la première session exploratoire en classe.

4.1 Construction de la séquence pédagogique

Cette séquence pédagogique interdisciplinaire STEM s'appuie sur l'utilisation de 2 applications que nous avons conçues, pour initier les élèves à l'IA tout en travaillant des compétences disciplinaires. Elle vise à initier les élèves de cycle 2 (6 à 9 ans) aux principes fondamentaux de l'IA à travers une approche interactive et expérientielle. Elle s'articule autour de plusieurs étapes successives :
a) **D'abord comprendre** : découverte et compréhension par les élèves de la notion d'IA et de

l'apprentissage machine (en anglais, *Machine Learning*); b) **Collecte et classement** : les élèves choisissent au moins deux quantités pour entraîner le modèle d'IA face à la caméra; c) **Entraînement de l'IA** : l'application apprend à reconnaître les quantités et positions de doigts. Les élèves observent les rétroactions et ajustent leurs données si nécessaire; d) **Évaluation et réflexion** : test du modèle en direct, discussion sur les erreurs, la précision et les stratégies d'amélioration. Les élèves calculent les réussites, comparent les résultats et tirent des conclusions.

Dans un premier temps, l'application « FromIAge »¹ (voir son interface sur la figure 1) est mobilisée pour sensibiliser les élèves au fonctionnement d'une IA (particulièrement, les réseaux de neurones) à travers un environnement ludique et interactif : une course au fromage. L'élève est placé au cœur du dispositif puisqu'il dessine lui-même un labyrinthe, puis y positionne une souris et un morceau de fromage. Une fois cet environnement défini, l'élève lance le processus d'apprentissage automatique. L'IA doit alors trouver le chemin vers le fromage en tenant compte de la configuration du labyrinthe et de l'emplacement cible. Cette mise en situation permet aux élèves de visualiser concrètement comment une machine apprend à résoudre un problème et à s'adapter à des contraintes.

Dans un second temps, la séquence s'appuie sur l'application « IA combien ? »² (voir son interface sur la figure 2) qui vient prolonger cette démarche à travers une activité mathématique à double objectif. D'une part, elle permet aux élèves d'apprendre à compter en entraînant un système de vision par ordinateur à reconnaître des postures de mains associées à des quantités (par exemple, 5 doigts sur une main, ou une répartition de 3 et 2 doigts sur deux mains). D'autre part, cette activité leur permet de comprendre bien davantage la mécanique de l'apprentissage machine (*Machine Learning*) : en confrontant l'IA à différentes configurations, les élèves expérimentent directement l'effet de l'essai-erreur, un mécanisme fondamental dans le développement et l'amélioration d'un modèle d'IA.

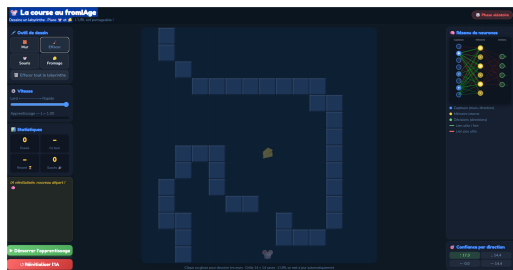


FIGURE 1 – Interface de « FromIAge »

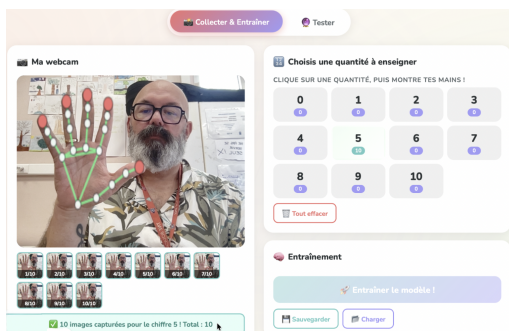


FIGURE 2 – Interface de « IA combien ? »

5 Résultats et discussion : Première session exploratoire

La première séance exploratoire, menée selon le scénario pédagogique décrit ci-dessus, a été structurée selon une méthodologie en deux phases distinctes : une observation non participante menée par l'expérimentateur (8h30-9h30), suivie d'une phase de co-animation avec l'enseignante (9h30-10h00). Cette organisation a permis la triangulation des données via la collecte de traces photographiques et la captation d'observations qualitatives.

1. <https://professeurherve.forge.apps.education.fr/course-au-fromiage/>

2. <https://professeurherve.forge.apps.education.fr/quantum-ia/>

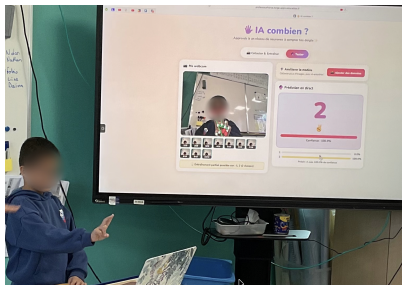


FIGURE 3 – Un élève interagit avec l’interface de l’application « IA combien ? »

L’évaluation diagnostique initiale, visant à introduire le concept d’IA par le biais de questions ouvertes (« Quand je vous dis IA, ça vous fait penser à quoi ? » ; « L’IA, qu’est-ce que c’est ? »), a mis en évidence une tendance anthropomorphique marquée. Les élèves assimilent spontanément l’IA à leur propre cognition humaine plutôt qu’à des artefacts numériques (tels que ChatGPT). Cette observation empirique souligne la nécessité didactique d’ancrer les futures phases introductives dans des références technologiques ou applicatives directement familières aux élèves afin d’en faciliter la conceptualisation.

5.1 Activité « La course au fromIAge » : Analyse comparative des stratégies

Cette activité avait pour objectif pédagogique d’amener les élèves à confronter leurs propres heuristiques de résolution à celles de l’agent artificiel (la souris simulée). Les verbalisations recueillies témoignent de l’émergence d’une posture d’analyse critique précoce face au fonctionnement de l’IA, comme illustré dans le tableau suivant :

Verbatims des élèves (Témoignages)	Analyse cognitive et algorithmique associée
« La souris ne cherche pas vraiment le fromage, elle danse et elle tombe au hasard dessus. »	Identification de l’absence d’intentionnalité immédiate et perception du caractère aléatoire de l’exploration initiale de l’algorithme.
« Il faut beaucoup d’essais à la souris pour trouver le bon chemin. »	Compréhension intuitive du processus itératif et de la logique d’apprentissage par essai-erreur (<i>machine learning</i>).
« Elle va très vite, plus vite que nous, mais elle se trompe plus que nous. »	Capacité à mettre en relation dialectique deux variables fondamentales de l’algorithme : la vitesse d’exécution computationnelle face à l’efficacité (ou la précision) de la stratégie.
« Elle pose des flèches pour savoir où il faut aller. Mais elle ne cherche pas le fromage, elle suit ses flèches à chaque essai. »	Identification du mécanisme d’apprentissage par renforcement. L’élève distingue l’intentionnalité (chercher activement un but) de la stricte exécution d’une politique d’action optimisée itérativement (les traces ou « flèches » constituant la mémoire de l’algorithme).

TABLE 1 – Analyse comparative des stratégies lors de l’activité « La course au fromIAge »

5.2 Activité « IA combien » : Contraintes et standardisation des données

Soutenue par un dispositif d’observation collective (MacBook couplé à un Écran Numérique Interactif - ENI), cette activité a permis d’identifier plusieurs variables didactiques et techniques influençant la performance de l’apprentissage automatique en contexte scolaire. Le tableau ci-dessous synthétise les

contraintes observées et les recommandations méthodologiques qui en découlent :

Contrainte technique ou observationnelle	Recommandation d'ingénierie pédagogique
Temps de latence computationnelle	Limiter l'entraînement du modèle à des lots restreints (environ 10 photographies) pour maintenir un rythme pédagogique adapté.
Sensibilité aux erreurs de classification	Privilégier des quantités fortement discriminables (ex. 1 et 5). Les valeurs trop proches (ex. 1 et 2) génèrent un bruit préjudiciable à la précision du modèle.
Variabilité morphologique et posturale	Imposer une standardisation stricte de la présentation (posture, représentation analogique univoque) afin d'optimiser l'entraînement et réduire les biais d'analyse de l'IA.

TABLE 2 – Contraintes et standardisation des données lors de l'activité « IA combien »

Cette première session exploratoire a mis en lumière un dispositif expérimental particulièrement prometteur, suscitant un engagement cognitif et critique probant chez les apprenants. La manipulation individuelle couplée au retour visuel (superposition du « squelette » sur l'image des mains) a fonctionné comme un puissant levier motivationnel. Cette approche a permis de mobiliser les acquis antérieurs sur la notion de quantité, favorisant l'inclusion et la familiarisation avec l'interface, y compris pour les élèves les plus fragiles scolairement.

L'exigence de standardisation des données s'est révélée être un vecteur d'apprentissage fondamental. En observant que la qualité et la cohérence des données d'entrée influencent symétriquement le taux de confiance de l'IA, les élèves saisissent empiriquement les limites et les capacités de la machine. Cette manipulation explicite des variables ouvre la voie à un travail approfondi sur la discrimination des quantités proches et leur décomposition, consolidant ainsi la stabilité conceptuelle de la cardinalité.

Sur le plan didactique, le scénario induit un renversement de posture : l'élève devient l'« enseignant du modèle ». En sélectionnant des occurrences pertinentes, en identifiant les erreurs de classification et en ajustant le corpus d'entraînement, l'élève s'inscrit dans une démarche de *learning by teaching* (Wang *et al.*, 2025). Ce processus favorise l'élaboration conceptuelle, la structuration des connaissances et le développement de compétences métacognitives, constituant les prémices d'une véritable littérature algorithmique. L'appropriation spontanée d'un lexique technique précis (« données d'entraînement », « confiance de la machine ») par les élèves vient confirmer la pertinence d'un tel étayage pédagogique.

6 Conclusion et perspectives

L'intégration didactisée, raisonnée et éthique de l'IA au cycle 2 s'affirme comme un levier heuristique majeur pour le développement des compétences STEM et l'acculturation aux logiques sous-jacentes de l'apprentissage automatique. Toutefois, cette expérimentation préliminaire réaffirme une condition sine qua non : l'importance cruciale de la formation et de l'accompagnement du corps enseignant. C'est cet encadrement professionnel qui garantit la transition de l'IA d'un statut de simple gadget technologique à celui de véritable instrument pédagogique. En définitive, ces résultats préliminaires plaident pour une intégration progressive des technologies d'IA, ouvrant la voie à des environnements d'apprentissage inclusifs, différenciés et technologiquement éclairés. À l'avenir, nos travaux s'étendront à une cohorte plus vaste pour consolider ces résultats et mesurer l'impact longitudinal de ces dispositifs sur les apprentissages fondamentaux en STEM.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien financier du pôle pilote AMPIRIC, dans le cadre de l'appel à Projets de Recherche Collaborative pour la période 2026-2027. Nous tenons à exprimer notre gratitude pour ce financement qui a rendu ces recherches possibles.

Références

- BROUSSEAU G. (1998). Les obstacles épistémologiques, problèmes et ingénierie didactique. *La théorie des situations didactiques*, p. 115–160.
- BUTTERWORTH B. (1999). The mathematical brain. (*No Title*).
- CATROUX M. (2002). Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique. *Les cahiers de l'APLIUT. Pédagogie et Recherche*, **21**(3), 8–20. DOI : <https://doi.org/10.4000/apliut.4276>.
- DEHAENE S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, **44**(1-2), 1–42.
- DEPP (2022). *Les pratiques numériques dans l'enseignement primaire en France*. Rapport interne, Ministère de l'Éducation nationale, France.
- DEPP (2025). *Rapport sur l'intégration des technologies en classe*. Rapport interne, Ministère de l'Éducation nationale, France.
- IPSOS (2025). *Usage et perception de l'IA en milieu scolaire primaire*. Rapport interne, IPSOS, Paris.
- LUCKIN R., HOLMES W., GRIFFITHS M. & FORCIER L. B. (2021). *Intelligence unleashed : An argument for AI in education*. London : Pearson.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (MEN) (2025). *Cadre d'usage de l'intelligence artificielle en éducation*. Rapport interne, Ministère de l'Éducation nationale, France.
- OZTURK E. (2025). Assessing scientific thinking in early childhood : Development and validation of the scientific thinking skills assessment tool (sts-at). *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, **45**, 88–97.
- PIAGET J. (1952). The origins of intelligence in children. DOI : [10.1037/11494-000](https://doi.org/10.1037/11494-000).
- ROMERO M., HEISER L. & LEPAGE A. (2023). *Enseigner et apprendre à l'ère de l'intelligence artificielle : acculturation, intégration et usages créatifs de l'IA en éducation : livre blanc*. Livre blanc.
- SELWYN N. (2019). *Should robots replace teachers ? : AI and the future of education*. John Wiley & Sons.
- SIGAYRET K., TRICOT A. & BLANC N. (2021). Pensée informatique et activités de programmation : quels outils pour enseigner et évaluer? In *Atelier « Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université »*, dans le cadre de la conférence EIAH, p. 68–75.
- TAN Q. & TANG X. (2025). Unveiling ai literacy in k-12 education : a systematic literature review of empirical research. *Interactive Learning Environments*, **33**(9), 5347–5363.
- UNESCO (2023). *Ethical guidelines for AI in education*. Rapport interne, UNESCO, Paris.
- WANG C., ZHANG Y., BURGET L. & DILLENBOURG P. (2025). Learning by teaching : Designing teachable agents to support children's pronunciation skill learning. In *Proceedings of the Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '25)*, p. 1–8 : ACM. Article 374, DOI : [10.1145/3706599.3719863](https://doi.org/10.1145/3706599.3719863).