

L'Enseignant « Columbo »

Repenser la Didactique des Mathématiques

à l'Ère de l'Intelligence Artificielle

Janvier 2026

Article rédigé à l'aide de l'intelligence artificielle...

Introduction : Une révolution silencieuse

L'histoire de l'enseignement est ponctuée de ruptures technologiques qui ne se contentent pas d'ajouter des outils, mais redéfinissent parfois la nature même des savoirs enseignés. L'arrivée des calculatrices graphiques, puis des logiciels de géométrie dynamique, a déjà profondément modifié nos pratiques. Aujourd'hui, l'intelligence artificielle générative constitue une nouvelle rupture, peut-être la plus profonde depuis l'invention de l'imprimerie.

En France, selon une enquête menée par l'INRIA en 2024, près de 90 % des lycéens de seconde déclarent avoir déjà utilisé une IA générative pour s'aider dans leurs devoirs. Face à ce constat, deux attitudes s'affrontent : la tentation de l'interdiction pure et simple, ou celle de l'intégration réfléchie.

Ce que nous apprend la recherche

Aurélie Bourdais (Université de Lyon, 2021) a documenté les pratiques des lycéens avec les traducteurs en ligne. Son constat : *près de 70 % des enseignants interdisent ces outils*, mais les élèves les utilisent massivement — en cachette. L'interdiction est inefficace. La solution ? Former plutôt qu'interdire.

Cet article défend une troisième voie : celle d'une transformation de notre posture pédagogique, que nous présentons comme le passage du modèle « Sherlock Holmes » au modèle « Columbo ». Cette métaphore, loin d'être anecdotique, traduit à notre avis un changement de paradigme profond.

1. La leçon du passé : quand la technologie déplace les enjeux

1.1 L'exemple révélateur du tableau de variations

Avant l'avènement des calculatrices graphiques, le tableau de variations représentait l'aboutissement d'un long processus d'analyse. Il était l'étape indispensable, le « résultat » final permettant de tracer manuellement la courbe d'une fonction. Se lancer dans la construction d'une courbe sans un tableau de variations complet était hasardeux et voué à l'échec.

L'arrivée de la technologie a inversé cette logique. Aujourd'hui, la courbe est devenue un « donné » immédiat, accessible d'un simple clic. Le tracé de courbe a disparu des examens. Pourtant, le tableau de variations n'a pas disparu ; son rôle a muté. Il sert désormais à récapituler et à donner du sens à un objet déjà visible dont la véracité n'est pas remis en question (la calculatrice « fait le boulot »).

Éclairage théorique : La distinction dessin/figure

Colette et Jean-Marie Laborde (Grenoble), créateurs de Cabri-géomètre en 1988, ont posé une distinction fondamentale : le *dessin* (ce qu'on voit à l'écran) n'est pas la *figure* (l'objet mathématique abstrait). Une construction est « robuste » si elle conserve ses propriétés quand on déplace ses éléments. Cette distinction préfigure celle que nous devons faire aujourd'hui entre la *réponse brute de l'IA* et le *raisonnement mathématique validé*.

1.2 Ce que l'IA change fondamentalement

L'IA générative pousse cette logique à son paroxysme. Elle ne se contente pas de fournir des graphiques ou des calculs : elle propose des raisonnements complets, des démonstrations structurées, des solutions argumentées.

Cette évolution s'inscrit dans le cadre théorique de la **Théorie des Situations Didactiques** développée par Guy Brousseau. Dans ce cadre, le « milieu » désigne le système antagoniste auquel l'élève est confronté. Traditionnellement, ce milieu était constitué par le problème mathématique lui-même. Avec l'IA, le milieu s'enrichit d'un nouvel élément : *la réponse générée par la machine, qu'il faut analyser, valider ou réfuter*.

Concept clé : L'intelligence du calcul

Luc Trouche (ENS de Lyon) a développé le concept d'« intelligence du calcul » : l'enjeu n'est plus de savoir faire un calcul à la main, mais de *savoir orchestrer papier-crayon et calculatrice pour comprendre les mathématiques*. Ce concept se transpose aujourd'hui : l'« intelligence de l'IA » consiste à savoir quand et comment utiliser l'outil, et surtout à savoir évaluer ce qu'il produit.

2. Du mode « Sherlock » au mode « Columbo » : un changement de paradigme

2.1 Le modèle traditionnel : l'élève-enquêteur

Historiquement, l'élève était placé dans une posture de « Sherlock Holmes » ou d'Hercule Poirot. Il partait d'une énigme — l'énoncé du problème — pour chercher seul la solution. L'enseignant était alors le « révélateur d'énigme » et la source unique des explications. Cette posture valorisait la capacité à découvrir, à produire, à résoudre.

Ce modèle a fait ses preuves pendant des décennies. Il développait l'autonomie, la persévérance, la créativité mathématique. Mais il reposait sur une asymétrie fondamentale : l'élève ne savait pas, l'enseignant savait, et le savoir se transmettait par un processus de découverte guidée.

Fondement théorique : L'approche instrumentale

Pierre Rabardel (Paris 8, 1995) a posé une distinction fondamentale : un *artefact* (l'objet technique brut) ne devient un *instrument* que lorsque l'utilisateur développe des *schèmes d'utilisation*. Cette « genèse instrumentale » comprend deux mouvements : l'**instrumentation** (l'outil transforme l'utilisateur) et l'**instrumentalisation** (l'utilisateur adapte l'outil). Sans cette genèse, l'IA reste un artefact passif.

2.2 Le nouveau modèle : l'élève-validateur

L'IA change radicalement la donne en fournissant un accès immédiat aux savoirs et aux solutions. Face à une réponse déjà connue ou générée instantanément, l'élève doit adopter une nouvelle posture : celle du lieutenant Columbo.

Dans la série télévisée, Columbo connaît généralement le coupable dès le début de l'épisode. Son travail ne consiste pas à découvrir « qui a fait le coup », mais à construire la preuve, à traquer les incohérences, à démontrer la culpabilité. C'est exactement la posture que nous devons désormais cultiver chez nos élèves.

L'enjeu pédagogique se déplace ainsi de la production brute vers l'analyse et la validation critique des solutions proposées par la machine.

Concept clé : La dévolution revisitée

Dans la Théorie des Situations Didactiques de **Guy Brousseau** (médaille Felix-Klein 2003), la *dévolution* désigne le processus par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité de résoudre le problème. Avec l'IA, cette dévolution prend un sens nouveau : l'enseignant doit faire accepter à l'élève la responsabilité de **valider** la réponse, pas seulement de la produire.

2.3 Les compétences du « mode Columbo »

La littérature internationale récente identifie plusieurs compétences clés valorisées par ce nouveau paradigme. Ces compétences correspondent aux niveaux supérieurs de la taxonomie de Bloom — analyser, évaluer, créer — que l'on réservait traditionnellement aux élèves les plus avancés :

- **L'analyse critique** : examiner une solution proposée, identifier ses forces et ses faiblesses, repérer les erreurs de raisonnement ou les « hallucinations » de l'IA.
- **La régulation** : ajuster sa propre démarche en fonction des retours de la machine, reformuler ses questions, préciser ses attentes.
- **La validation** : vérifier la cohérence mathématique d'une réponse, la confronter à d'autres sources, tester ses limites.
- **L'évaluation** : juger de la pertinence d'une stratégie, apprécier la diversité des approches possibles, choisir la plus adaptée au contexte.
- **La métacognition** : réfléchir sur son propre processus d'apprentissage, comprendre ce que l'on comprend et ce qui reste obscur.

Stratégie experte : La lecture latérale

Sam Wineburg (Stanford) a comparé comment des historiens, des étudiants et des fact-checkers - professionnels dont le métier consiste à vérifier l'exactitude et la crédibilité des informations publiques - évaluent des sources. Résultat surprenant : les fact-checkers surpassent les universitaires. Leur secret ? La **lecture latérale** : quitter rapidement la source, ouvrir d'autres onglets, chercher ce que d'autres disent de cette source. Cette stratégie se transpose directement à l'IA : *ne jamais accepter une réponse sans triangulation*.

Grille d'évaluation : Les standards intellectuels universels

Richard Paul & Linda Elder (Foundation for Critical Thinking) ont identifié des standards applicables à toute évaluation de raisonnement. Face à une réponse d'IA, l'élève peut se demander : Est-elle **claire** (compréhensible sans ambiguïté) ? **Précise** (suffisamment détaillée) ? **Exacte** (vérifiable, vraie) ? **Pertinente** (en rapport avec la question) ? **Profonde** (traite-t-elle les complexités) ?

3. La métamorphose du rôle de l'enseignant

3.1 De transmetteur à orchestrateur

Dans ce nouvel environnement, l'enseignant ne disparaît pas — bien au contraire. Mais son rôle se transforme profondément. Il devient ce que certains chercheurs appellent un « metteur en scène d'environnements d'apprentissage ». Cette métaphore est éclairante : comme un metteur en scène, l'enseignant ne joue pas lui-même sur scène, mais il organise l'espace, choisit les angles, guide les acteurs, donne du sens à l'ensemble.

L'apprentissage ne se termine plus là où l'IA donne une réponse. Il commence précisément à cet endroit. L'enseignant devient celui qui transforme une réponse « trop parfaite » en objet à disséquer, une explication « trop fluide » en matière à questionner, une proposition d'IA en terrain d'entraînement au discernement.

Concept clé : L'orchestration instrumentale

Luc Trouche a introduit le concept d'*orchestration instrumentale* pour décrire la gestion didactique des artefacts disponibles. Une orchestration comprend des **configurations didactiques** (agencement des outils et des élèves) et des **modes d'exploitation** (manière de les utiliser). L'enseignant qui intègre l'IA doit concevoir de nouvelles orchestrations où l'IA joue un rôle défini dans le scénario pédagogique.

3.2 Les trois nouveaux axes du métier

Les travaux de l'UNESCO et du Ministère de l'Éducation nationale permettent d'identifier trois axes majeurs autour desquels s'articule désormais le rôle de l'enseignant :

Premier axe : Curateur et validateur. Puisque l'IA génère facilement des supports (flashcards, quiz, résumés, exercices), l'enseignant doit sélectionner et garantir la rigueur de ces contenus. Il ne crée plus tout ex nihilo, mais il filtre, ajuste, contextualise. Cette tâche exige une expertise disciplinaire renforcée, car il faut être capable de repérer les erreurs subtiles que l'IA peut produire.

Deuxième axe : Guide de la compréhension. L'enseignant ne livre plus seulement des méthodes, mais aide l'élève à donner du sens, à contextualiser, à relier les notions entre elles. Face à une IA qui peut fournir des procédures, l'enseignant apporte ce qu'aucune machine ne peut offrir : la compréhension profonde, l'intuition mathématique, le lien avec l'expérience vécue.

Troisième axe : Garant de l'esprit critique. Sa mission fondamentale est de former l'élève à débusquer les « hallucinations » ou les erreurs de raisonnement de l'IA. L'erreur devient alors un levier d'apprentissage, une opportunité pédagogique. C'est peut-être le changement le plus profond : l'erreur de la machine, loin d'être un obstacle, devient un matériau didactique de premier ordre.

Concept clé : La double genèse

Michèle Artigue (médaille Felix-Klein 2013) a mis en évidence la *double genèse* nécessaire à l'intégration technologique : l'enseignant doit d'abord maîtriser l'outil pour lui-même (**genèse personnelle**), puis apprendre à l'utiliser pour faire apprendre (**genèse professionnelle**). Cette double exigence explique pourquoi « l'intégration technologique réussie à large échelle reste un problème majeur ».

3.3 Ce que l'enseignant garde en exclusivité

Certaines compétences restent irréductiblement humaines et constituent le cœur du métier d'enseignant à l'ère de l'IA :

- **La présence** : la manière d'entrer dans la salle, d'observer un froncement de sourcil qui dit « je ne comprends plus », d'alterner présence au tableau et dans la salle. Aucune IA ne « sent » une classe.
- **La relation** : le climat de confiance qui fait qu'un élève ose poser une question, le sourire qui rassure, l'ajustement de la voix quand l'attention décroche.
- **L'intelligence du moment** : le changement de stratégie décidé en une seconde, la phrase improvisée qui débloque une explication, l'activité inventée parce que la classe a besoin d'un détour.

Alerte recherche : Les mythes du numérique

André Tricot & Franck Amadieu (Montpellier/Toulouse) ont déconstruit 11 mythes sur le numérique éducatif. Trois sont particulièrement pertinents ici :

- **Le mythe des « digital natives »** : aucun fondement scientifique. Les jeunes ne sont pas naturellement compétents avec le numérique pour apprendre.
- **Le mythe de la motivation** : le lien technologie → motivation → apprentissage n'est pas établi.
- **Le mythe de l'autonomie** : l'autonomie est un prérequis, pas un résultat de l'usage du numérique.

Message clé : « Entre les ressources et l'apprentissage, il y a une personne importante — l'enseignant —, une institution importante — l'école — et des connaissances très particulières — les savoirs scolaires. »

4. L'élève en dialogue critique : une nouvelle dynamique d'apprentissage

4.1 L'IA comme « milieu » au sens de Brousseau

Loin de rendre l'élève passif, l'IA reconfigure les situations de classe en créant de nouveaux « milieux » didactiques. Dans la Théorie des Situations Didactiques, le milieu est le système antagoniste qui réagit aux propositions de l'élève. Il doit offrir des rétroactions permettant à l'élève d'ajuster sa stratégie sans intervention directe de l'enseignant.

L'IA peut jouer ce rôle de manière inédite. Elle propose des réponses que l'élève doit évaluer. Elle peut se tromper, ce qui crée des opportunités d'apprentissage. Elle peut être interrogée de manière itérative, permettant un dialogue qui ressemble à celui d'un tuteur patient — *mais un tuteur dont il faut systématiquement vérifier les dires*.

Alerte épistémologique : Le risque des « réponses toutes faites »

Christian Orange (ENS, Université Libre de Bruxelles) défend l'idée que l'école enseigne trop souvent les *résultats* de la science plutôt que les *problèmes* qui les ont engendrés. L'IA amplifie ce risque : elle donne des « réponses » sans montrer les problèmes sous-jacents. L'élève qui obtient une explication de l'IA risque de la considérer comme un « fait » plutôt que comme une *construction problématique à interroger*.

4.2 La conversation constructive avec la machine

Les recherches récentes montrent que l'élève est invité à « converser » avec la machine, non pour obtenir une réponse passive, mais pour construire du sens mathématique à travers un usage réflexif. Cette conversation prend plusieurs formes :

- **Le questionnement progressif** : affiner sa demande, préciser les contraintes, reformuler pour obtenir une réponse plus pertinente.
- **La confrontation** : proposer un contre-exemple, demander une justification, tester les limites de la réponse.
- **La vérification croisée** : comparer la réponse de l'IA avec d'autres sources, avec ses propres connaissances, avec l'avis de ses pairs.
- **La métaréflexion** : analyser pourquoi l'IA a répondu ainsi, quelles données elle a probablement utilisées, quels biais peuvent l'affecter.

Concept clé : La communauté de recherche

Matthew Lipman (Columbia), fondateur de la philosophie pour enfants, a développé le concept de *community of inquiry* (communauté de recherche) : un groupe qui dialogue, questionne, explore ensemble. Dans cette perspective, l'IA n'est pas un oracle qui donne « LA » réponse, mais un **participant au dialogue** qu'il

faut questionner. Les « 4C » de Lipman enrichissent les compétences Columbo : *Critical + Creative + Collaborative + Caring thinking.*

4.3 Du reproducteur au juge

L'élève n'est plus celui qui reproduit mécaniquement une démarche apprise, mais celui qui juge de la pertinence et des limites d'un raisonnement produit par un tiers. Cette évolution est considérable. Elle valorise des compétences de haut niveau — analyse, synthèse, évaluation — qui étaient traditionnellement réservées aux élèves les plus avancés.

La taxonomie de Bloom prend ici tout son sens : les niveaux inférieurs (mémoriser, comprendre, appliquer) peuvent être délégués en partie à l'IA, tandis que **les niveaux supérieurs (analyser, évaluer, créer) deviennent le cœur de l'activité intellectuelle de l'élève.**

Concept clé : Le « déjà-là » des élèves

Marie-Claude Penloup (Rouen) a montré que les élèves arrivent en classe avec un « déjà-là » de pratiques d'écriture. Ce concept s'applique au numérique : les pratiques d'écriture numérique des élèves (SMS, réseaux sociaux) constituent un point d'appui. Mais attention : **pas de transfert automatique** des compétences domestiques vers les compétences scolaires. Ce n'est pas parce qu'un élève utilise TikTok qu'il sait utiliser l'IA intelligemment pour ses devoirs.

5. Applications concrètes pour la classe de mathématiques

Petit à petit, des enseignants s'emparent de l'IA et veulent l'investir dans leur enseignement. Les propositions suivantes ne sont que des pistes à explorer, éclairées par les travaux des chercheurs.

5.1 Scénario 1 : La chasse aux erreurs

L'enseignant demande à l'IA de résoudre un problème de géométrie. La solution générée contient volontairement (ou fortuitement) des erreurs subtiles : une hypothèse utilisée sans être vérifiée, une confusion entre condition nécessaire et suffisante, un cas particulier non traité.

Les élèves, en groupes, doivent identifier ces erreurs, les corriger, et justifier leurs corrections. Cette activité développe l'esprit critique tout en consolidant les connaissances mathématiques. Elle inverse le rapport traditionnel : *ce n'est plus l'enseignant qui corrige, mais l'élève qui corrige « l'expert ».*

5.2 Scénario 2 : Le débat contradictoire

Face à un problème d'optimisation, on demande à deux IA différentes (ou à la même IA avec des prompts différents) de proposer une solution. Les élèves doivent

comparer les approches, identifier les forces et faiblesses de chacune, et argumenter en faveur de l'une ou l'autre.

Cette activité développe la capacité d'argumentation mathématique et montre qu'il n'existe pas toujours une « bonne » réponse unique, mais des approches plus ou moins adaptées au contexte.

5.3 Scénario 3 : La rétro-ingénierie

L'enseignant présente une solution complète générée par IA et demande aux élèves de reconstruire l'énoncé du problème qui aurait pu conduire à cette solution. Cette activité inverse le processus habituel et développe une compréhension profonde des liens entre problème et solution.

5.4 Scénario 4 : L'amélioration itérative

L'élève pose un problème à l'IA, analyse la réponse, puis reformule sa question pour obtenir une réponse plus précise ou plus complète. Ce processus itératif développe à la fois la compétence de « prompting » (savoir poser des questions pertinentes) et la compréhension mathématique profonde.

Témoignage de terrain : L'IA en SVT

Mélanie Fenaert (lycée Blaise Pascal, Orsay), coordonnatrice des TraAM sur l'IA en SVT, affirme : « *L'IA est parfaite pour travailler l'esprit critique et la vérification des sources.* » Ses pratiques : faire générer des textes ou images sur des notions scientifiques, puis les faire critiquer par les élèves ; créer des chatbots pédagogiques co-construits avec les élèves. Son message : « L'éducation à l'IA est aussi une question d'égalité, pour ne pas creuser l'écart entre ceux qui maîtrisent les codes et les autres. »

6. Former à l'esprit critique : le protocole A.U.D.I.T.

Pour structurer l'apprentissage de l'esprit critique face à l'IA, nous proposons humblement le protocole **A.U.D.I.T.**, un acronyme mnémotechnique qui guide l'élève dans son analyse. Ce protocole s'appuie sur les standards intellectuels de Paul & Elder et sur le concept de « MT Literacy » de Bowker & Buitrago Ciro.

A – Analyser la réponse

Que dit exactement l'IA ? Quelle méthode utilise-t-elle ? Quelles hypothèses fait-elle implicitement ? (*Standard Paul-Elder : clarté*)

U – Utiliser ses connaissances

Est-ce cohérent avec ce que je sais ? Y a-t-il des contradictions avec le cours, avec mes expériences précédentes ? (*Standard Paul-Elder : exactitude*)

D – Douter toujours des réponses obtenues

L'IA a-t-elle fait des erreurs de calcul, de logique, d'interprétation ? A-t-elle « halluciné » des informations ? (*Lecture latérale de Wineburg*)

I — Interroger les limites

Cette réponse est-elle complète ? Y a-t-il des cas particuliers non traités ? Des généralisations abusives ? (*Standards Paul-Elder : profondeur, ampleur*)

T — Tester et vérifier

Puis-je vérifier le résultat par un autre moyen ? Un contre-exemple ? Une autre approche ? (*Post-édition de Bowker*)

Fondement théorique : De la MT Literacy à l'AI Literacy

Lynne Bowker & Jairo Buitrago Ciro (Ottawa, 2019) ont défini les compétences pour une utilisation « raisonnée » de la traduction automatique. Leurs six dimensions préfigurent l'AI Literacy : comprendre le fonctionnement, savoir utiliser pour lire/produire, apprécier les implications éthiques, évaluer si une tâche est adaptée à l'outil, **pré-éditer** (bien formuler sa requête), **post-éditer** (corriger la sortie).

7. Les écueils à éviter

7.1 Le risque de passivité

Le premier écueil serait de laisser l'élève devenir un simple consommateur de réponses toutes faites. Les recherches montrent qu'une utilisation non encadrée de l'IA peut réduire la motivation à développer une pensée indépendante. L'enseignant doit donc structurer les activités de manière à ce que l'utilisation de l'IA soit toujours accompagnée d'une exigence d'analyse critique.

7.2 La confiance aveugle

Les IA génératives produisent des réponses avec une assurance qui peut tromper. Elles « hallucinent » parfois, inventant des théorèmes inexistant ou des démonstrations fausses mais plausibles. Former à la **méfiance constructive** est essentiel.

Illustration : Le test Enthoven vs ChatGPT (juin 2023)

Au baccalauréat de philosophie 2023, un « match » a opposé **Raphaël Enthoven** à **ChatGPT** sur le sujet « Le bonheur est-il affaire de raison ? ». Résultat : Enthoven 20/20, ChatGPT 11/20. Les correcteurs ont identifié les faiblesses de l'IA : absence de problématique, phrases creuses, citations superficielles, pas d'engagement, conclusion évasive. Lev Fraenckel résume : « *Ce n'est pas ça, la philosophie – ce n'est pas enchaîner de belles phrases.* »

7.3 L'abandon des fondamentaux

L'IA ne dispense pas d'acquérir les bases. Un élève qui ne maîtrise pas les notions fondamentales sera incapable d'évaluer la pertinence d'une réponse générée. **Le socle de connaissances reste indispensable — c'est lui qui permet l'esprit critique.**

Éclairage : Le « contrat » d'utilisation doit être explicite

Sophie Soury-Lavergne (INSPE Grenoble) a montré que le déplacement en géométrie dynamique — fonctionnalité centrale de Cabri — n'est pas un réflexe naturel chez les élèves : il faut l'enseigner explicitement. Son enquête Cnesco (2020) révèle que 60 % des enseignants n'attirent jamais ou rarement l'attention sur le déplacement. De même, l'usage critique de l'IA ne va pas de soi : il faut un « **contrat IA** » explicite.

7.4 Les questions éthiques et juridiques

Le **Cadre d'usage de l'IA en éducation** rappelle l'importance de protéger les données personnelles des élèves. L'utilisation d'outils IA en classe doit respecter ce cadre pour garantir la confidentialité des informations partagées avec ces systèmes.

Conclusion : Vers une pédagogie du jugement

L'évolution didactique actuelle nous invite à passer d'une *école de la résolution* à une *école de la validation*. En adoptant cette posture « Columbo », l'enseignement gagne en profondeur : on ne demande plus seulement à l'élève de savoir faire, on lui demande de comprendre ce qui est fait et de pouvoir le prouver.

Cette transformation n'est pas une menace pour notre métier — elle en est peut-être la plus belle opportunité. Elle nous libère des tâches les plus mécaniques pour nous recentrer sur ce qui fait l'essence de l'enseignement : **donner du sens, éveiller l'esprit critique, accompagner la construction d'une pensée autonome**.

C'est ainsi que la technologie, au lieu d'appauvrir la réflexion, devient le catalyseur d'une exigence intellectuelle renouvelée. Le lieutenant Columbo, avec son air faussement naïf et ses questions déstabilisantes, nous montre la voie : ce n'est pas celui qui détient la réponse qui gagne, mais celui qui sait la questionner. « *Juste une dernière petite chose...* » : *Cette phrase culte de Columbo pourrait devenir notre devise pédagogique*. Car c'est toujours dans cette « dernière chose », dans ce questionnement supplémentaire, que se niche l'apprentissage véritable.

Synthèse : Ce que les chercheurs nous enseignent

- 1. L'outil ne suffit pas** (Rabardel, Artigue, Tricot & Amadieu) : sans genèse instrumentale, l'IA reste un artefact passif.
- 2. L'usage critique doit être enseigné** (Laborde, Soury-Lavergne) : comme pour la géométrie dynamique, il faut un « contrat » explicite.
- 3. La lecture latérale est la stratégie des experts** (Wineburg) : ne jamais rester prisonnier d'une seule source.
- 4. L'IA est un participant au dialogue, pas un oracle** (Lipman) : la communauté de recherche intègre l'IA comme un interlocuteur à questionner.
- 5. L'élève passe de Sherlock à Columbo** (Brousseau, Orange) : de chercheur de réponse à validateur critique.

Références bibliographiques

Références didactiques fondamentales

- Artigue, M. (1989). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage.
- Laborde, C. & Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14(1-2), 165-210.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(1), 91-138.

Références sur la pensée critique et l'évaluation de l'information

- Lipman, M. (2003). *Thinking in Education* (2e éd.). Cambridge University Press.
- Paul, R. & Elder, L. (2021). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life* (4e éd.). Rowman & Littlefield.
- Wineburg, S. & McGrew, S. (2019). Lateral Reading and the Nature of Expertise. *Teachers College Record*, 121(11).

Références sur le numérique éducatif

- Bourdais, A. (2021). *Traducteurs en ligne et enseignement-apprentissage de l'anglais* (Thèse de doctorat). Université de Lyon.
- Bowker, L. & Buitrago Ciro, J. (2019). *Machine Translation and Global Research*. Emerald Publishing.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. De Boeck.
- Penloup, M.-C. (1999). *L'écriture extrascolaire des collégiens*. ESF.
- Plane, S. (1996). Écriture, réécriture et traitement de texte. In *L'apprentissage de l'écriture de l'école au collège*. PUF.
- Soury-Lavergne, S. (2020). La géométrie dynamique pour l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques. *Rapport Cnesco*.
- Tricot, A. & Amadieu, F. (2020). *Apprendre avec le numérique : mythes et réalités* (2e éd.). Retz.

Références sur l'IA en éducation

- Emprin, F. & Richard, P.R. (2023). Intelligence artificielle et didactique des mathématiques. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 28, 131-181.
- Kasneci, E. et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Ministère de l'Éducation nationale (2024). *Intelligence artificielle et éducation : apports de la recherche et enjeux pour les politiques publiques*.

UNESCO (2024). *Référentiels de compétences en IA pour les élèves et les enseignants*. Paris : UNESCO.

— • —