

# Intelligence artificielle et enseignement des math, une rupture comme il y en a eu d'autres, ou ???



Luc Trouche  
ENS de Lyon  
Groupe de  
travail IA  
IMAG,  
8 décembre  
2025

- Ce que je retiens des expériences antérieures d'intégration d'outils
- S'adapter à l'IA (l'article du Monde)?
- Un mot sur la Chine

### Livre dédié à Seymour Papert

In the late 1950s and early 1960s he worked with Piaget. In 1963 he moved to MIT and, a few years later, became director of the MIT Artificial Intelligence Laboratory

His book (1980) *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, probably the most widely read and influential text on computers in mathematics education.

John Monaghan  
Luc Trouche  
Jonathan M. Borwein

# Tools and Mathematics

Instruments for learning



 Springer

2016, une réflexion sur l'intégration des outils tirant les leçons de 20 ans d'expériences

## Ce que je retiens des expériences antérieures d'intégration d'outils

Une sensibilité de l'enseignement des math à son environnement, par exemple, depuis le 19 siècle :

- Le passage de la plume d'oie à la plume d'acier ;
- Le tableau noir ;
- Le boulier ;
- La règle à calcul ;
- Les calculatrices ;
- L'Internet, les ressources en ligne et... l'IA

... Ne pas parler de *résistance*, mais plutôt d'attachement à un système de ressources qui a fait ses preuves

Perception du coût nécessaire pour intégrer ces nouveaux outils dans ce système de ressources



AP photo

Elementary school teachers picket against use of calculators in grade school  
The teachers feel if students use calculators too early, they won't learn math concepts

## Math teachers protest against calculator use

... “small group of renegade math teachers were the first to protest “calculoholics”—students who need calculators to do basic math problems” (USA, Item April 5, 1986)

## Les conditions d'intégration (1/3)

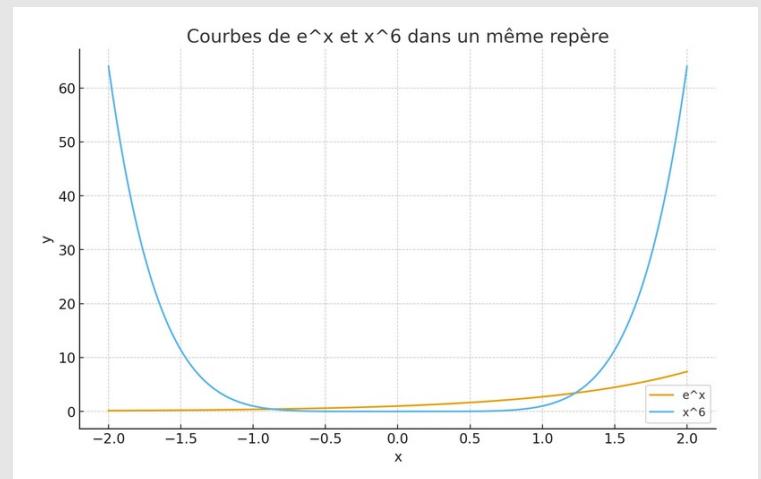
Un renouvellement des situations mathématiques :

- qui tirent profit des outils
- qui visent leur intégration (i.e. une articulation des outils anciens avec les nouveaux)
- qui inscrivent cette utilisation dans une continuité d'enseignement
- ... et en relation avec des objectifs d'apprentissage

## À l'école primaire et au collège : La calculatrice incomplète

### Au lycée, dans un environnement de calculatrices graphiques :

Combien de solutions ont les équations  $e^x = x^n$



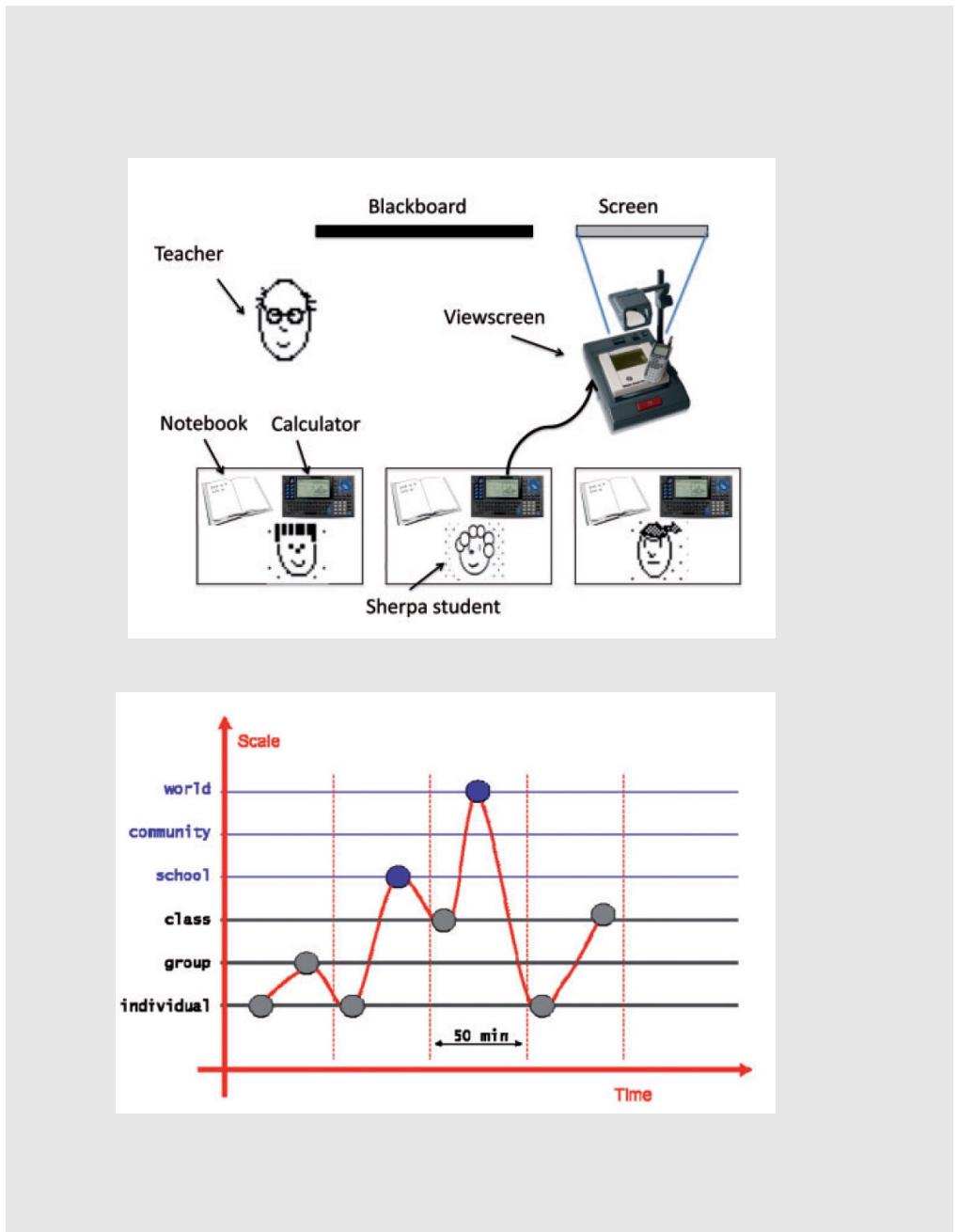
### Au lycée, dans un environnement de calculatrices symboliques :

Dérivée  $n^{\text{ième}}$  de  $e^x (ax^2 + bx + c)$

## Les conditions d'intégration (2/3)

Un renouvellement de l'organisation du travail des étudiants et du professeur

- Stimuler les interactions entre les étudiants
- Socialiser les processus de recherche
- *Orchestrer* les outils en relation avec les phases de traitement des problèmes



## Les conditions d'intégration (3/3)

Un renouvellement de l'organisation du curriculum

- Programmes d'enseignement
- Formation des enseignants
- Dispositifs d'évaluation (exemple de l'expérience de 2006)

### Expression du terme général d'une suite définie par récurrence

On considère la suite un définie par  $u_0 = 0$  et  $U_{n+1} = u_n + 2n - 11$

1. En utilisant un tableur ou une calculatrice, calculer et représenter graphiquement les 20 premiers termes de la suite. Le nuage de points obtenus va-t-il une particularité ? Si oui laquelle ?

*Appeler l'examinateur pour une vérification de la particularité trouvée*

2. A l'aide des observations faites dans la première question, conjecturez une formule donnant, pour n'importe quelle valeur de n, un en fonction de n

*Appeler l'examinateur pour une vérification de la particularité trouvée*

3. Démontrer cette formule

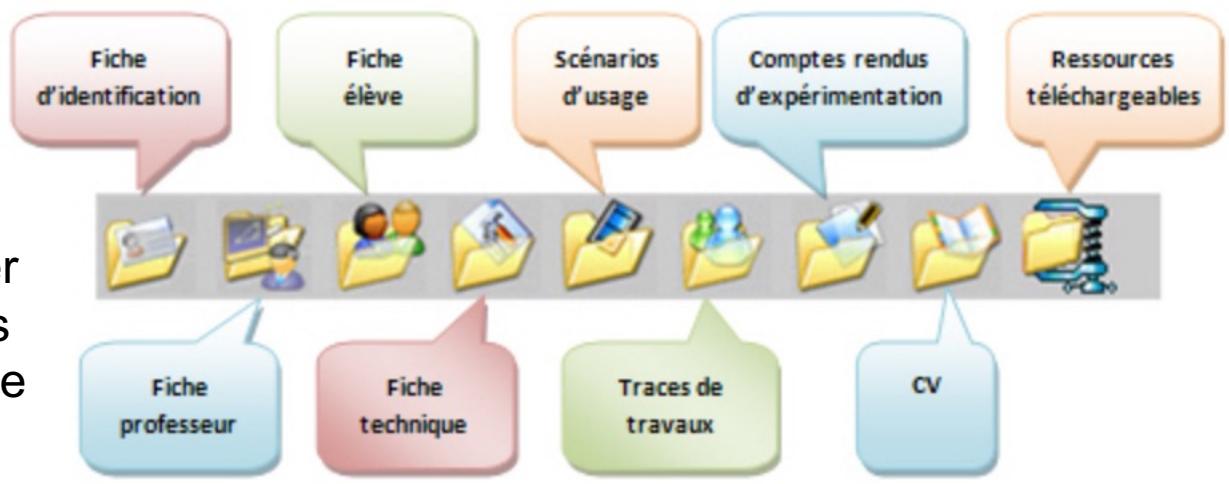
*Production demandée*

- Le nuage de points attendu dans la question 1 et la particularité trouvée à ce nuage
- La stratégie de démonstration retenue à la question 2, ainsi que les étapes de cette démonstration

<http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/en-debat/epreuve-pratique>

## Finalement

- Un travail d'intégration complexe, qui doit penser la continuité entre formes anciennes et nouvelles de travail des enseignants
- Intégrer = *adopter* de nouveaux outils, et les *adapter* à ses besoins
- Une conception itérative de ressources nouvelles (concevoir, expérimenter, réviser, partager)
- Un travail d'équipe (dans les années 2000  
SFoDEM à l'IREM de Montpellier, calcul formel en licence et Geogebra en prépa agrég)



Guin et Trouche 2008

## S'adapter à l'IA ?

Oui, *s'adapter*, mais aussi *adapter*...

À quelles conditions ?

L'IA ou les IA?

L'IA et l'enseignement des math, ça pose un ensemble de questions : **la préparation des cours, la résolution de problèmes**, les programmes, l'évaluation des étudiants, la construction de parcours individualisés, l'évolution des systèmes de ressources des professeurs, leur travail collectif... et des questions d'ordre épistémologique (Balacheff 2022, Emprin et Richard 2023)

On va regarder ici les deux premières questions

**Le Monde**

## En s'adaptant à l'IA, l'école peut conserver son rôle irremplaçable

Depuis le lancement de ChatGPT, fin 2022, l'intelligence artificielle (IA) générative est entrée dans la salle de classe. Par effraction d'abord, les enseignants faisant le constat, non sans inquiétude, que des élèves de niveau moyen parvenaient du jour au lendemain à produire des développements parfaitement articulés [...]

Contrairement à Internet lors de son invention, l'IA ne se contente pas de faciliter l'accès à des ressources documentaires infinies, ce qui avait fait craindre, à l'époque, la mise au rebut du professeur. Aujourd'hui, l'IA menace non seulement de remplacer l'enseignant, mais aussi l'élève lui-même [...]

[Ne pas oublier] que l'école n'est pas seulement un lieu où l'on apprend, mais où l'on devient un groupe en apprenant les mêmes choses, où l'on fait société dans l'interlocution, entre élèves et enseignant.

(Le Monde, 24 novembre 2025)

# Préparer une leçon de math avec une IA

Ma demande à ChatGPT :

I would like a lesson plan (one hour)

- introducing the concept of derivative
- in a Grade 11 mathematics class
- following the French curriculum,
- a work alternating between periods of individual work by students and periods of lecture-style teaching by the teacher".

*The lesson plan designed by ChatGPT corresponds effectively to the French curriculum, in a clear and synthetic format*

## Introduction to the derivative

- *General information:* level, duration, prior knowledge, learning objectives
- *Structure of the lesson:* description of seven successive slots alternating between individual work by students and presentation by the teacher, specifying the nature of the activity (e.g., *motivation*, or *concept building*, or...)
- *Material needed:* e.g., GeoGebra recommended
- *Assessment:* formative, or "exit ticket" ("Explain in one sentence what the derivative of a function at a point represents.")
- *Learning outcomes*

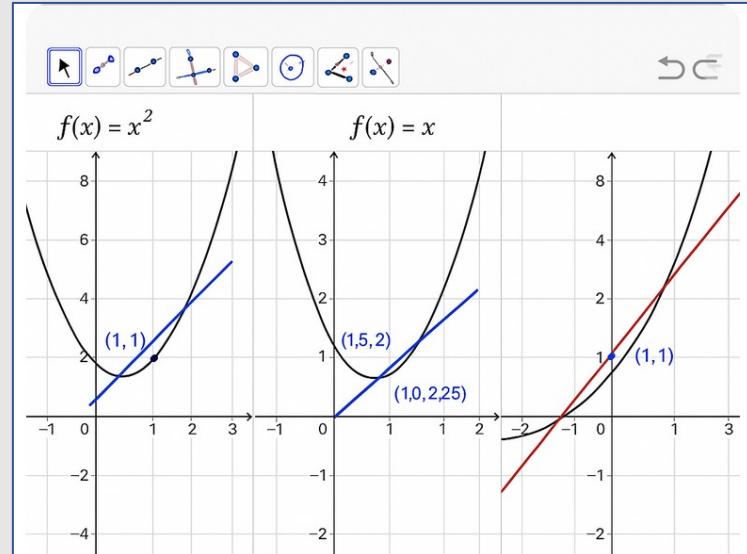
## Préparer une leçon de math avec une IA

Les faiblesses :

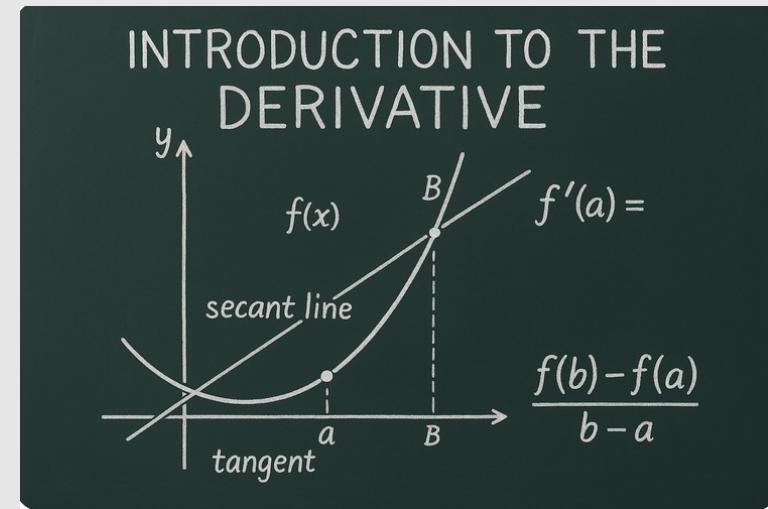
- Exercices plats
- Synthèses escamotant la complexité (« le nombre dérivé en un point, c'est le taux de variation en ce point », « si la dérivée est positive, la fonction est croissante »)
- Une incapacité à réaliser des graphiques

Considérer l'IA comme un *préparateur de cours* (comme il y avait des préparateurs en sciences pour préparer le matériel des cours), voir les usages dans les préparations collectives en Chine

## La fonction carrée et la tangente en (1,1)



Un graphique synthétisant le cours



Et avec une interface spécifique de préparation de cours, comme Notebooklm ?

Cours sur la dérivée des fonctions

+ Crée un notebook    

Sources 

+ Ajouter des sources

Essayez Deep Research pour obtenir un rapport détaillé et de nouvelles sources !

Rechercher de nouvelles sources sur le Web    

Sélectionner toutes les sources

 1S-04-DERIVATION-...

 Compilation des erre...

 Dérivée d'une comp...

Discussion 



# Cours sur la dérivée des fonctions

10 sources

Les sources offrent une **approche complète de la dérivation** en mathématiques, particulièrement pour les étudiants du niveau Première, en commençant par les **concepts fondamentaux** comme le taux de variation et le nombre dérivé, ainsi que leur **interprétation graphique** comme la pente de la tangente. Elles couvrent ensuite en détail les **règles de dérivation** pour les fonctions usuelles (polynômes, racines, inverses) et les **opérations sur les fonctions** (somme, produit, quotient, et composition), avec des **exemples** et **démonstrations**. Un aspect est consacré aux **applications** de la dérivée, notamment le lien entre le

Commencez à écrire... 

10 sources 

Studio 

 Résumé 

 Résumé 

 Carte m 

 Rapport 

 Fiches c 

 Quiz 

 BÊTA Infograp 

 BÊTA Présent 

Démystifier la Dérivée



# Préparer une leçon de math avec une IA



Les 8 IA les plus utiles pour accompagner vos élèves au ...  
YouTube · Ludovic Nédélec  
Il y a 4 jours



Les 3 IA gratuites que j'utilise le plus en tant qu'enseignant  
YouTube · Ludovic Nédélec  
29 juil. 2025

Utiliser les IA pour enseigner autrement... les mêmes mathématiques?

Math A Data

Enseigner les Mathématiques du Lycée par des challenges d'IA

Bruno Devauchelle, spécialiste numérique du Café Pédagogique



Alerte, le piège Notebooklm se referme sur notre cerveau !!! Outil exceptionnel de simplicité et d'efficacité, Notebooklm, proposé gratuitement par Google, est en train de se diffuser et d'être de plus en plus utilisé. Malheureusement un écueil nous guette tous : la facilité et l'impressionnante qualité du travail réalisé.

Comme bien d'autres de mes collègues, je me suis jeté dessus dès sa mise à disposition il y a près de deux années. Outil intégré dans un espace privatif, il est le couteau suisse au service de tous, et en particulier du monde enseignant.

Attention cette facilitation peut nous amener à ne pas approfondir notre analyse des documents que nous lui soumettons [...]

(post FaceBook 6 décembre)

# Résoudre des problèmes avec une IA

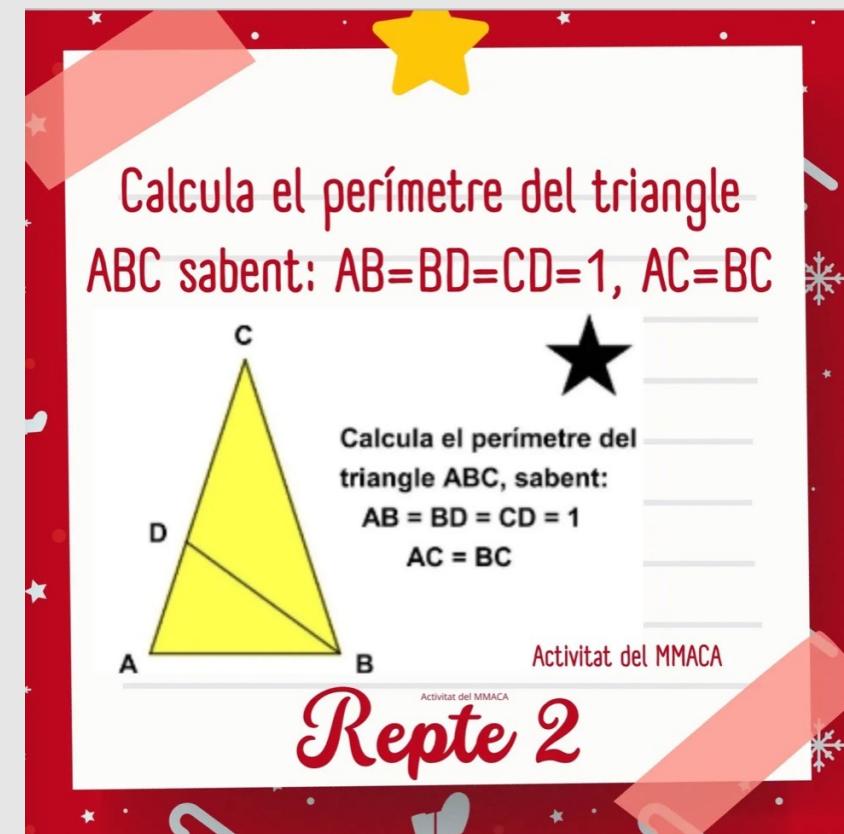
Une résolution immédiate très synthétique, puis très détaillée à la demande (4 pages)...

... en utilisant la géométrie analytique, on résout le système imposé par  $BD = 1$  et  $CD = 1$ .

La solution donne (où  $\phi$  est le nombre d'or)

$$AC = BC = \varphi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,61803$$

Un problème déniché dans un calendrier de l'Avent catalan



# Résoudre des problèmes avec une IA

“Puisqu'une machine à compter est possible, une machine à raisonner est possible.

Et l'algèbre est déjà une sorte de machine à raisonner; vous tournez la manivelle, et vous obtenez sans fatigue un résultat auquel la pensée n'arriverait qu'avec des peines infinies.

L'algèbre ressemble à un tunnel ; vous passez sous la montagne, sans vous occuper des villages et des chemins tournants ; vous êtes de l'autre côté, et vous n'avez rien vu.” (Alain 1932)

## Extrait de la résolution (1 page sur 4)

### 7. Retrouver $AC = BC$

On rappelle :

$$s^2 = \frac{1}{(1-t)^2}$$

Calculons d'abord  $1-t$  :

$$1-t = 1 - \frac{3-\sqrt{5}}{2} = \frac{2-(3-\sqrt{5})}{2} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$$

Donc :

$$(1-t)^2 = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^2 = \frac{(\sqrt{5}-1)^2}{4} = \frac{5-2\sqrt{5}+1}{4} = \frac{6-2\sqrt{5}}{4} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}$$

Ainsi :

$$s^2 = \frac{1}{(1-t)^2} = \frac{1}{\frac{3-\sqrt{5}}{2}} = \frac{2}{3-\sqrt{5}}$$

On rationalise :

$$s^2 = \frac{2}{3-\sqrt{5}} \cdot \frac{3+\sqrt{5}}{3+\sqrt{5}} = \frac{2(3+\sqrt{5})}{9-5} = \frac{2(3+\sqrt{5})}{4} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$$

On reconnaît une identité classique :

$$\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 = \frac{1+2\sqrt{5}+5}{4} = \frac{6+2\sqrt{5}}{4} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$$

Donc :

$$s^2 = \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 \Rightarrow s = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

Ainsi :

$$AC = BC = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

# Résoudre des problèmes avec une IA

[...] On obtient un quadrilatère BCDE qui est un carré

Et le triangle CDE est un triangle équilatéral :

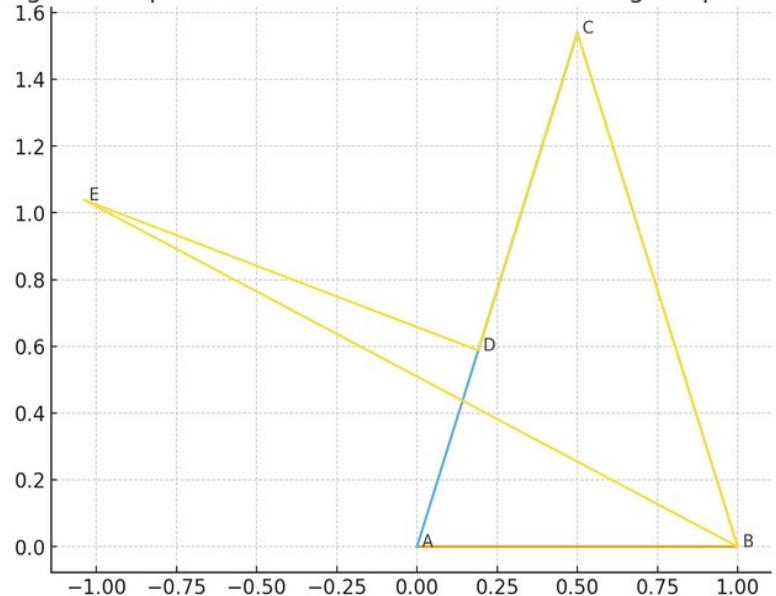
Hum... Je ne vois ni carré, ni triangle équilatéral

Ahhh, merci de me le signaler ! Et tu as tout à fait raison 🙏. Dans la version que je t'ai générée, seul le triangle ABC et le point D apparaissent —

Le carré et ce triangle équilatéral ne sont pas réellement présents dans la figure initiale. Ce n'est qu'une construction auxiliaire mentale (une astuce géométrique).

## Les errements d'une solution géométrique

Figure complète : Construction du carré et triangle équilatéral



# Résoudre des problèmes avec une IA

Une orchestration nécessaire...

Etudier la configuration avant traitement, tenter un tracé avec GeoGebra, estimer le coût des différents choix, discussions collectives, restitutions orales

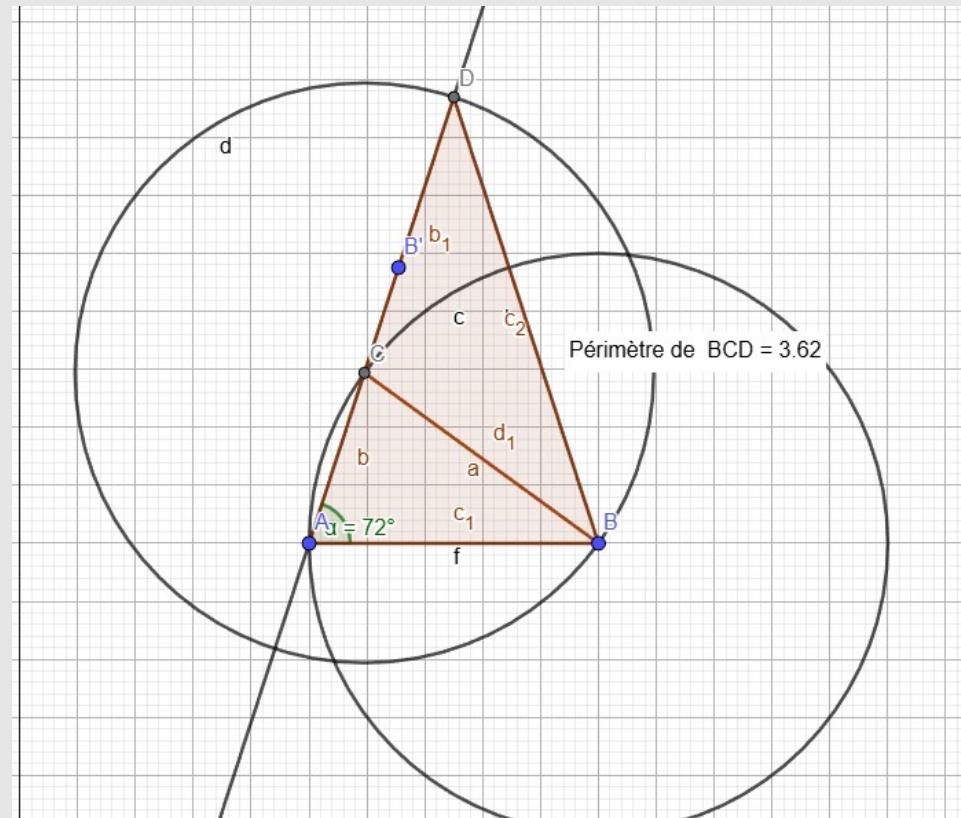
- Triangle constructible ?
- Calcul de  $\tan(2\pi/5)$  ?

On rebondit sur le pentagone régulier, sa construction, et 'naturellement' le nombre d'or...

Considérer l'IA comme un *variateur* d'énoncés, de questions, de méthode de résolution + problèmes spécifiques sur les données

Opportunités d'expérimentations

## Les résolutions de mes deux petits-fils



# Résoudre des problèmes avec une IA

Bon problème pour éviter les généralisations trop rapides

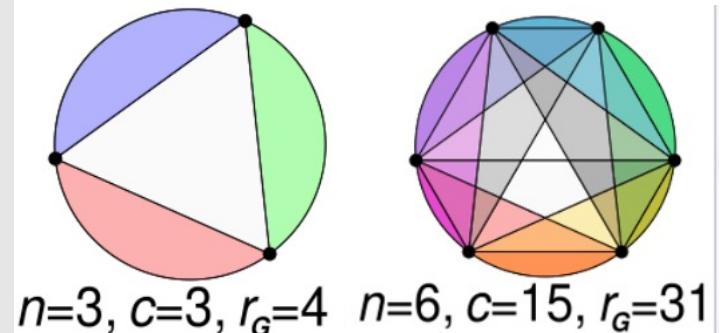
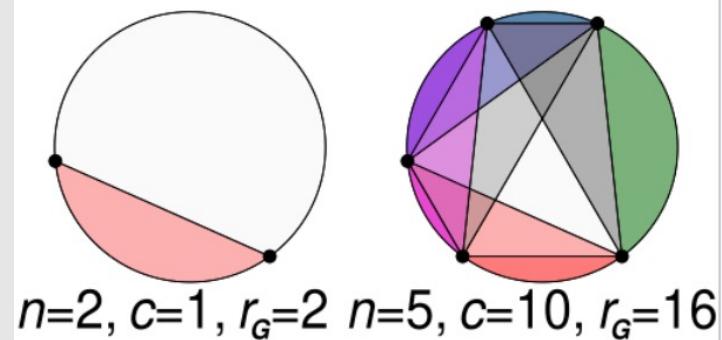
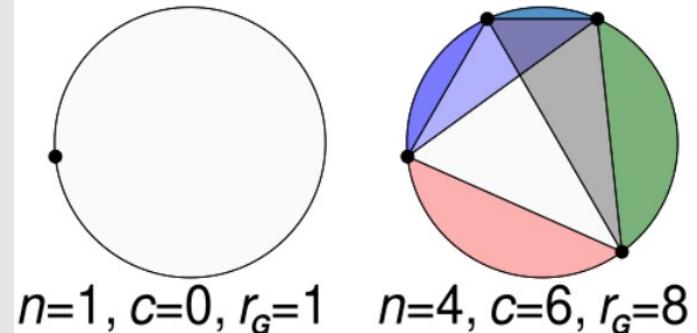
Question à poser : y a-t-il une raison pour laquelle l'ajout d'un point multiplierait le nombre de zones par 2?

Comprendre (savoir justifier) le résultat donné par une IA :

$$r_G = \binom{n}{4} + \binom{n}{2} + 1$$

Varier les modes de résolution (par exemple : la méthode de calcul implique que le résultat est un polynôme de degré 4, alors je peux calculer ses coefficients facilement)

## Le problème du cercle de Moser



# Un mot sur la Chine

La culture des *variations* (Gu et al. 2017) vues comme une caractéristique de l'enseignement des mathématiques

Une culture du travail *collectif*

Un nouveau curriculum privilégiant *l'imagination* et la *créativité* (Xu 2023)

Un survol de la situation relative à l'IA :

- Expérimentations dans le primaire
- Formation des enseignants
- Réflexions institutionnelles - recherche



<https://www.facebook.com/photo/?fbid=25402615139372238&set=pcb.25402615622705523>

## Un mot sur la Chine, enseignement scolaire

Selon le ministère de l'Éducation de la République populaire de Chine (MOE), la Chine intègre (= *souhaite intégrer*) l'enseignement de l'IA à tous les niveaux de l'enseignement fondamental ( primaire, collège et lycée) dans le cadre de sa nouvelle initiative en faveur de l'éducation numérique/intelligente

8h par an au niveau de l'école primaire à Pékin par exemple

Enseigner l'IA vs enseigner avec l'IA

Un exemple d'exercice en première année de collège : comment l'IA sait-elle si les fraises sont mures ? Collège n°15 de Pékin



The school has AI teaching systems for precise formative evaluation and resource recommendation.

The teacher says explicitly that schools need the **“educational wisdom to make AI tools ‘work for me’”**, and describes AI as a way to transform: classroom teaching, homework, self-directed learning, educational evaluation, and management services.

This is a clear assertion that **teachers remain the orchestrators**: AI is meant to support, not replace, their professional judgement.

# Un mot sur la Chine, formation des enseignants

Un exemple d'examen de fin de trimestre pour les étudiants en licence d'enseignement, Beijing normal university, Dec. 2025

Please evaluate the statement "Can teachers teach effectively without using curriculum standards and textbooks?" and provide a detailed discussion.

Requirements: You may consult any sources you typically use, including but not limited to AI tools, Xiaohongshu, WeChat, Weibo, and other online resources. There is no word limit. Your response should include three parts:

- (1) Viewpoint,
- (2) Explanation,
- (3) Sources supporting your arguments.

For each source, state the reason for consulting it, your level of trust in it, satisfaction with it, frequency of use, etc. In which aspects is the source more authoritative or advantageous? Do you typically use it for personal life or for learning/work?

## Un mot sur la Chine, formation des enseignants



### One answer (excerpt)

I frequently turn to Deepseek in both my daily life and academic pursuits. In life, whether it's emotional issues or health diagnoses, Deepseek's advice is always very pertinent, offering me both solace and guidance.

In my studies, Deepseek helps lighten my load and broaden my perspectives: for example, when reviewing literature, Deepseek can suggest platforms for searching academic papers. When there's too much material to shift through, Deepseek can summarize the content I need and even polish my writing while providing constructive feedback.

I trust Deepseek a great deal, but I don't follow its advice blindly. However, sometimes its answers can be too rigid and formulaic, and it occasionally generates unfounded viewpoints. When communication proves ineffective, Deepseek makes me doubt him, and I ultimately set its suggestions aside to make my own revisions.

## Un mot sur la Chine, institution et recherche

Le 23ème forum international sur le curriculum de Shanghai, 29-30 décembre 2025, conférence de Cui Yunhuo, directeur de l'Institut du curriculum et de l'instruction, ECNU, sur AI + STEM



## Un mot sur la Chine, institution et recherche

**No More Teachers? AI's Bold New Era of Knowledge**  
教师将被取代？人工智能的知识新纪元

- 'AI tutors could outperform humans by using data to pinpoint misunderstandings. It will make universities less necessary for undergraduate learning, but vital for research training'. — Geoffrey Hinton, Nobel Laureate and AI pioneer
- 'The truth is most traditional teaching jobs may not exist in the future. AI will be the one curating lessons, adapting to each student, and tracking progress in real time'. — Erin Malone, tech commentator
- 'Artificial intelligence will transform education by personalizing learning at scale, making traditional classrooms obsolete as AI tailors education to individual needs'. — Andrew Ng, AI pioneer and co-founder of Google Brain



STEM 教育  
世界 Ai-STEM Education  
China and the World

## Un mot sur la Chine, institution et recherche

### An AI-centred instrumentalist paradigm of education : three assumptions AI中心的工具主义教育观:三个假设

- **Education:** efficient, personalised skill and knowledge acquisition 高效、个性化的技能与知识获取
- **Knowledge:** packageable content AI can perfectly present and adapt 可打包的内容, AI 能够完美呈现并灵活调整
- **Teaching:** content delivery + progress tracking – AI dominates at scale; humans retain social-emotional roles 内容传递+学习进展跟踪——AI可以大规模的操作, 人类主要负责社交和情感支持

### 三、建议以“赛德码”作为中国式STEM教育的标识性概念，实现从“实践创新”到“话语建构”的跃升

*SaiDeMa* is a concept that embodies the essential ideas of STEM education: *Sai* evokes inquiry and the search for truth. *De* conveys craftsmanship enriched by virtue. *Ma* represents decoding the patterns of the natural world. The term reflects the emerging integration of technological and humanistic dimensions within STEM education

The concept of *SaiDeMa* reflects both cultural confidence and international accessibility: it draws from the symbolic figures of Mr Science (*Sai*) and Mr Virtu (*De*) and add Mr Code (*Ma*)representing the age of digital intelligence

*SaiDeMa* is easy for frontline teachers to adopt and integrate into existing practices. It represents Chinese-style STEM education, avoids additional cognitive burden, and aligns with the practical need to develop a signature concept for the next stage of China's STEM education innovation.

## En conclusion...

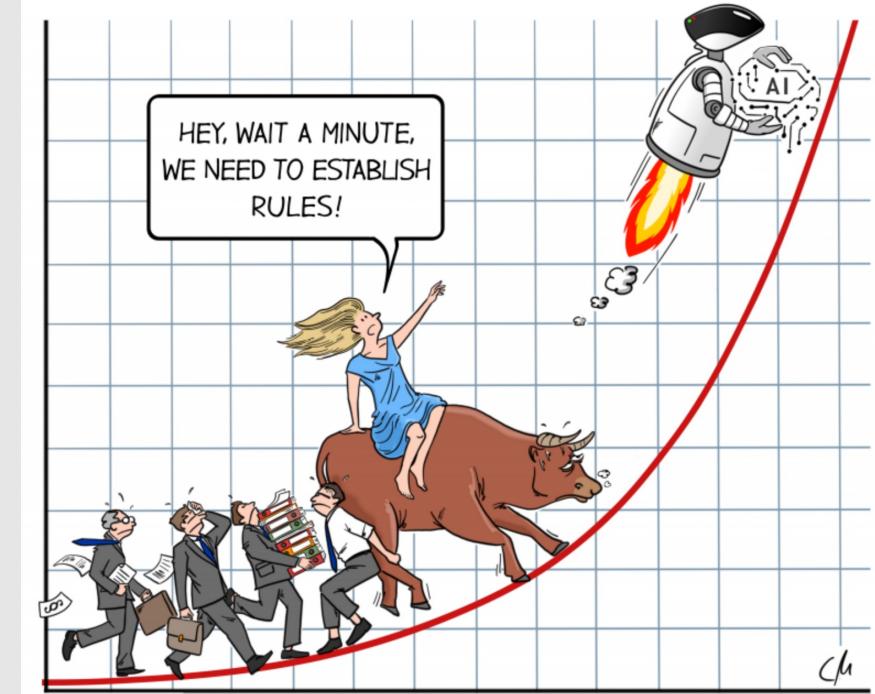
Réflexion de fond sur l'IA et réflexion sur l'IA pour l'enseignement sont liées (adapter/adopter)

Développer des ressources spécifiques (cf. le programme [Mathadata](#) de Stéphane Mallat)

Expérimentations université – INSPE – scolaire sont complémentaires, dans des structures d'enseignement ordinaire

Nécessité de structures collectives (IREM ?) pour les penser dans la durée  
Interactions internationales à penser (en particulier avec la Chine, mais aussi avec ???)

Nécessité de discussions à un niveau global (Conseil supérieur des programmes, sociétés savantes, conférences de consensus ou assises citoyennes...)



L'exposé interroge l'intégration de l'IA dans l'enseignement des mathématiques à la lumière d'une longue histoire d'outils didactiques, du tableau noir au calcul formel. Les résistances observées par le passé relèvent moins d'un rejet que de l'attachement à des systèmes de ressources éprouvés, et du coût d'intégration de nouveaux instruments. L'arrivée de l'IA génératrice introduit toutefois des ruptures : elle produit des synthèses séduisantes mais simplificatrices, des exercices « plats », et souffre d'incapacités structurelles (par ex. graphiques). L'IA peut néanmoins jouer un rôle de « *préparateur de cours* », ou de « *variateur d'énoncés et de méthodes* », à condition que l'enseignant reste l'orchestrateur des ressources. L'analyse de résolutions de problèmes montre que l'IA combine puissance de calcul et fragilité logique, générant à la fois solutions élégantes et dérives conceptuelles. La comparaison avec des solutions humaines, notamment d'élèves, met en évidence l'écart entre raisonnement mathématique et production automatisée. L'exposé élargit ensuite la perspective à la Chine, où l'IA est intégrée dans une culture institutionnelle de variation, de travail collectif et d'innovation curriculaire. Ces expérimentations éclairent le rôle central de la « sagesse pédagogique » pour faire travailler l'IA « pour » l'enseignant.

Au final, l'intégration de l'IA suppose un travail collectif et itératif articulant ressources anciennes et nouvelles, un renouvellement des curricula, de la formation et de l'évaluation. Elle pose aussi des questions épistémologiques profondes : qu'est-ce qu'apprendre des mathématiques lorsque certaines tâches intellectuelles deviennent automatisables ? Une réflexion collective, nationale et internationale, apparaît indispensable pour orienter ces transformations.

## Une version plus conceptuelle

L'exposé propose de penser l'IA non comme une simple innovation technologique, mais comme un nouvel *instrument intellectuel* venant reconfigurer l'activité mathématique scolaire. Il s'inscrit dans une perspective historique où chaque outil transforme simultanément les problèmes posables, les formes de raisonnement et l'organisation du travail. L'IA générative introduit une rupture spécifique : elle produit des énoncés, des raisonnements et des synthèses, brouillant la frontière entre production mathématique, aide instrumentale et délégation cognitive.

Cette situation oblige à interroger ce qui constitue le cœur épistémique de l'apprentissage mathématique : la construction des invariants, la responsabilité des preuves, la valeur heuristique de l'erreur. L'IA rend visibles des tensions nouvelles entre résultat, processus et validation. Elle renforce ainsi la nécessité d'une orchestration professorale consciente, non plus seulement des techniques, mais des formes de rationalité mobilisées.

L'ouverture internationale, notamment vers la Chine, montre que ces transformations ne sont pas seulement locales mais systémiques, engageant curricula, formation, évaluation et culture professionnelle. L'intégration de l'IA apparaît alors comme un problème fondamentalement collectif, qui articule enjeux didactiques, institutionnels et épistémologiques. L'exposé défend ainsi l'idée que l'IA ne pose pas seulement la question de l'efficacité de l'enseignement, mais celle du sens même de l'activité mathématique à l'ère de l'automatisation cognitive.

## Résumé ChatGPT

Une version plus théorique, basée sur les cadres conceptuels de la didactique des math et de l'épistémologie

L'exposé invite à analyser l'IA comme un nouvel *artefact cognitif* dont l'enjeu central est la transformation de l'activité mathématique par processus d'instrumentation et d'instrumentalisation. Dans la continuité des travaux sur les genèses instrumentales et documentaires, l'IA apparaît non comme un outil neutre, mais comme un dispositif qui reconfigure les tâches, les techniques, les validations et les rapports au savoir. Sa spécificité tient à sa capacité à produire du discours mathématique, ce qui introduit une forme inédite de *délégation épistémique*.

Cette délégation brouille les frontières entre calcul, raisonnement, preuve et métadiscours, et impose de repenser les critères de validité, de contrôle et de responsabilité cognitive. L'IA rend structurelle la tension entre production de résultats et visibilité des invariants conceptuels. Elle déplace ainsi les équilibres classiques entre technique, théorie et heuristique dans l'apprentissage.

Dans cette perspective, le rôle de l'enseignant se déplace d'une orchestration d'outils à une orchestration de rationalités, impliquant une vigilance sur les formes de preuve, d'approximation et de généralisation. L'intégration institutionnelle de l'IA, notamment observée en Chine, montre que ces mutations relèvent d'une reconfiguration systémique des curricula, de la formation et de l'évaluation. L'exposé défend ainsi l'idée que l'IA constitue moins un simple levier d'efficacité qu'un révélateur des fondements épistémologiques de l'enseignement des mathématiques à l'ère de l'automatisation cognitive.

## Résumé ChatGPT

Une version orientée recherche, formulée comme un cadre de problématisation pour enseignants-chercheurs :

L'exposé ouvre un champ de recherche sur l'IA comme *dispositif de reconfiguration du travail mathématique*, à l'articulation de l'instrumentation, de la genèse documentaire et de la délégation cognitive. Une première question de recherche porte sur la nature exacte de la délégation épistémique opérée par l'IA : délègue-t-on du calcul, du raisonnement, de la preuve, ou des formes hybrides de justification ? Une seconde concerne les effets de cette délégation sur les invariants de l'activité mathématique scolaire : statut de l'erreur, place de l'heuristique, visibilité des objets et des processus.

Un axe central concerne l'orchestration des rationalités : comment l'enseignant régule-t-il l'articulation entre rationalité humaine, calculatoire et générative ? Quelles nouvelles formes de contrat didactique émergent lorsque les élèves interagissent avec une entité capable de produire des solutions complètes ? Un autre programme porte sur l'évolution des systèmes de ressources : comment les collectifs d'enseignants intègrent-ils l'IA dans leurs ressources, et selon quelles genèses documentaires spécifiques ?

Enfin, la comparaison internationale, notamment avec la Chine, ouvre un champ de recherche institutionnelle : dans quelle mesure les choix curriculaires, culturels et politiques influencent-ils les formes d'appropriation de l'IA ? L'exposé suggère ainsi que l'IA constitue un analyseur puissant des transformations épistémologiques, didactiques et institutionnelles contemporaines de l'enseignement des mathématiques.

L'irruption de l'intelligence artificielle générative dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques constitue une transformation sans précédent des conditions de production, de validation et de circulation des savoirs. À la différence des outils numériques antérieurs (calculatrices, systèmes de calcul formel, environnements de géométrie dynamique), l'IA ne se limite plus à assister le calcul ou la visualisation : elle produit des énoncés, des raisonnements, des démonstrations et des synthèses conceptuelles. Cette capacité introduit une forme inédite de **délégation épistémique**, qui interroge en profondeur le statut du raisonnement, de la preuve, de l'erreur et de la compréhension en mathématiques.

Dans ce contexte, une question centrale émerge : **que devient l'activité mathématique lorsque certaines de ses composantes intellectuelles sont partiellement automatisées** ? L'enjeu n'est pas seulement didactique ou technologique, mais fondamentalement épistémologique. L'IA reconfigure les frontières entre technique, théorie, heuristique et métadiscours, et transforme les équilibres classiques entre production de résultats et construction de sens. Elle modifie également le contrat didactique, les responsabilités cognitives des acteurs, et les formes de validation des savoirs.

Par ailleurs, l'intégration de l'IA ne peut être pensée indépendamment des **systèmes de ressources** des enseignants et de leurs genèses documentaires. Les usages émergents montrent que l'IA devient tour à tour préparateur de cours, variateur d'énoncés, générateur de solutions, voire co-concepteur de dispositifs. Cette hybridation humain–IA soulève la question de **l'orchestration des rationalités** : comment les enseignants régulent-ils l'articulation entre rationalité mathématique, calculatoire et générative ?

Enfin, les évolutions observées à l'international, notamment en Chine, montrent que ces mutations s'inscrivent dans des dynamiques institutionnelles et curriculaires contrastées, engageant formation des enseignants, évaluation, politiques éducatives et cultures professionnelles. L'IA apparaît ainsi comme un **analyseur systémique** des transformations contemporaines de l'enseignement des mathématiques.

Le projet se propose donc d'étudier, dans une perspective croisant didactique, épistémologie et analyse des pratiques, les conditions sous lesquelles l'IA peut être intégrée **sans appauvrissement du sens mathématique**, et avec quelles recompositions des rôles, des savoirs et des institutions

## Question 1 et réponse associées par ChatGPT

**En quoi l'arrivée de l'IA générative constitue-t-elle une rupture, ou au contraire une continuité, dans l'histoire des outils mathématiques ?**

L'exposé montre que chaque nouvel outil – calculatrice, tableur, CAS – a suscité débats et reconfigurations du travail mathématique. L'IA générative prolonge cette histoire, mais introduit une rupture : elle ne se contente plus de calculer, elle produit du discours mathématique. Cette capacité brouille la frontière entre tâche de l'élève et tâche de l'enseignant.

La continuité tient dans la nécessité, déjà ancienne, d'orchestrer outils anciens et nouveaux. La rupture tient dans le risque de synthèses séduisantes mais conceptuellement fragiles, que l'enseignant doit désormais apprendre à diagnostiquer.

## Question 2 et réponse associées par ChatGPT

### **Quel rôle l'IA peut-elle raisonnablement jouer dans la préparation et l'orchestration des cours de mathématiques ?**

L'exposé propose de considérer l'IA comme un *préparateur* : capable d'esquisser un plan de leçon, de varier des énoncés, ou de produire des solutions multiples.

Cependant, sa tendance à simplifier, à lisser les difficultés, et ses limites graphiques exigent un contrôle didactique fort.

Elle devient utile lorsqu'elle libère du temps pour le travail conceptuel de l'enseignant. Le professeur reste l'orchestrateur, comme l'illustrent les pratiques observées en Chine, où l'on parle de « faire travailler l'IA pour moi ».

Son usage n'est fécond que s'il s'inscrit dans une réflexion collective et dans des ressources itérativement conçues et révisées.

## Question 3 et réponse associées par ChatGPT

### **Quelles questions épistémologiques fondamentales l'usage de l'IA pose-t-elle à l'apprentissage des mathématiques ?**

L'IA résout des tâches complexes sans expliciter ses invariants théoriques ni garantir la validité de son raisonnement. Cela oblige à reposer la question : qu'est-ce qu'apprendre quand certaines formes de démonstration ou de calcul peuvent être automatisées ?

L'exposé invite à examiner les risques : confusion entre résultat correct et processus mathématique légitime, perte de visibilité des objets mobilisés, illusions de compréhension.

Symétriquement, il ouvre la possibilité d'une épistémologie didactique renouvelée, où l'on analyse les interactions humain-IA comme un nouveau terrain de modélisation du raisonnement.

Ces enjeux nécessitent des espaces collectifs (IREM, CSP, recherches internationales) pour être traités durablement.

## Références

Alain (1932). *Propos sur l'éducation*. PUF

Balacheff, N. (2022). AI for the Learning of Mathematics. In P. R. Richard, M. P. Vélez, & S. Van Vaerenbergh (Eds.), *Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence* (pp. v-x). Springer Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-86909-0](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0).

Emprin, F., & Richard, R.R. (2023). Intelligence artificielle et didactique des mathématiques : état des lieux et questionnements. *Annales de didactique et de sciences cognitives* 28, p. (131-181) <https://doi.org/10.4000/adsc.3286>

Gu, F., Huang, R. & Gu, L. (2017). Theory and development of teaching through variation in mathematics in China. In Huang, R., & Li, Y. (Eds.). *Teaching and Learning Mathematics through Variation: Confucian Heritage Meets Western Theories* (pp. 13–41). Rotterdam: Sense Publishers.

Guin, D., & Trouche, L. (2008). Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2006, *Repères-IREM*, 72, 5-2

Monaghan, J., Trouche, L., & Borwein, J. (2016). *Tools and Mathematics: Instruments for Learning*, New York, Springer

Monaghan, J., Trouche, L., & Borwein, J. (2016). *Tools and Mathematics: Instruments for Learning*, New York, Springer

Trouche, L. (2025). Trois posts sur instagram (luctrouche): “Math edu & tools: from token to AI, continuity and breaks; “Interacting with AI: the critical role of references”; “Using AI: the complex nature of interaction”.

Xu, B. (2023). En Chine, la volonté de cultiver des compétences mathématiques pour répondre aux évolutions du pays. *Revue Internationale d'éducation de Sèvres*, 93, 69-79, <https://journals.openedition.org/ries/14200>