

# Intelligences Artificielles et enseignement des mathématiques

Journées romandes des formatrices et  
formateurs en didactique des  
mathématiques, 30-31 janvier 2025

Sébastien Jolivet, [sebastien.jolivet@unige.ch](mailto:sebastien.jolivet@unige.ch)



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE  
FORMATION POUR L'ENSEIGNEMENT



SORBONNE  
UNIVERSITÉ





# Qui suis-je ? Sébastien Jolivet

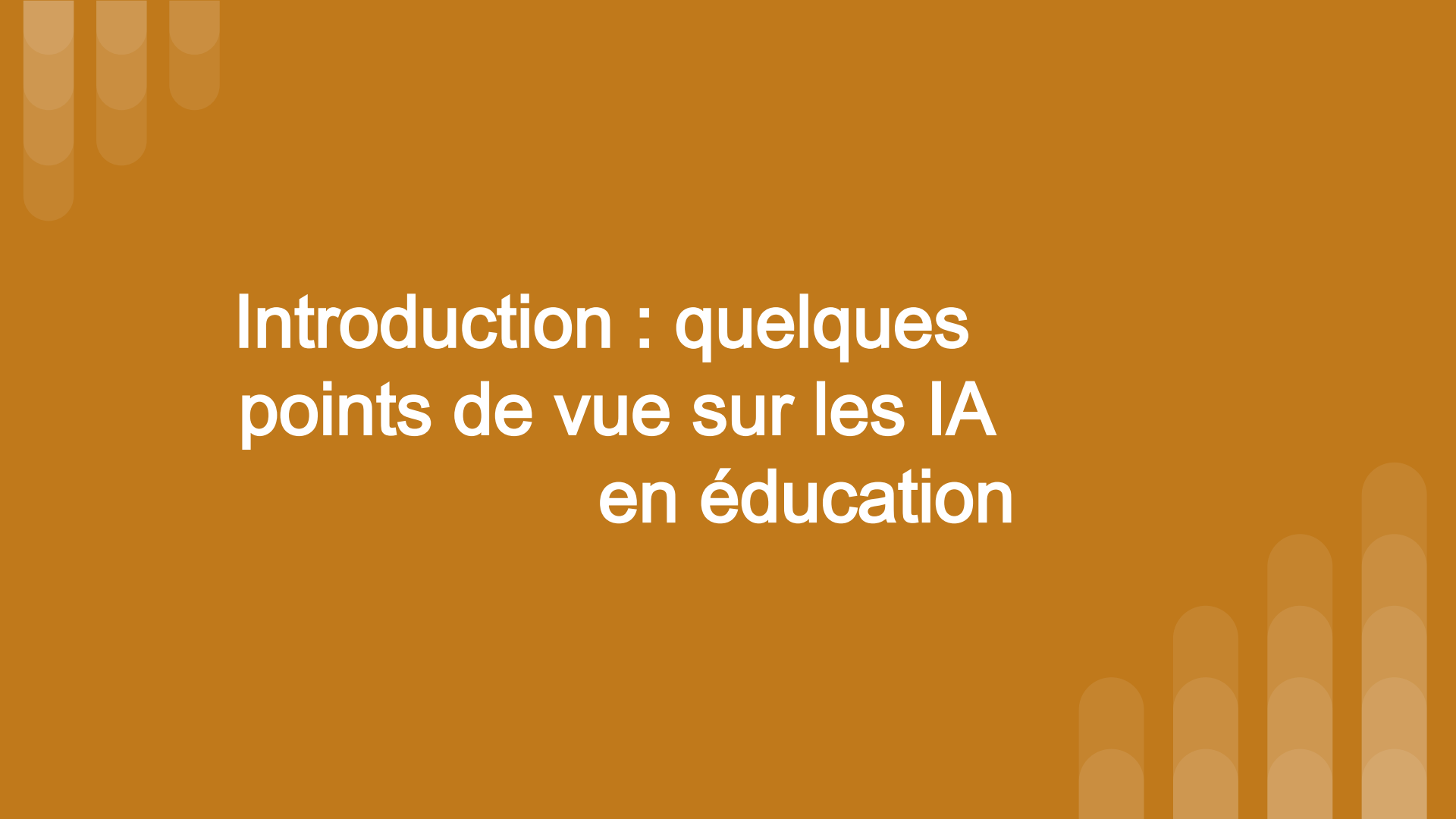
Chargé d'enseignement en didactique de l'informatique à l'IUFE – UNIGE.  
Chercheur associé au TECFA (UNIGE) et au LIP6 (Sorbonne Université).

Recherche	Enseignements
<ul style="list-style-type: none"><li>• Didactique des mathématiques et de l'informatique (modélisation du savoir, TAD, ressources, rétroactions...)</li><li>• Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)</li><li>• Pensée informatique et pensée mathématique</li><li>• Encadrement d'une thèse sur la décision des rétroactions dans un environnement d'apprentissage de Python</li></ul>	<p>Avant</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Enseignant de collège (12 - 15 ans)</li><li>• Formateur d'enseignant.es du primaire et du secondaire (mathématiques, numérique éducatif, méthodologie de la recherche...)</li><li>• Enseignements dans différents Master sur la didactique et les EIAH</li></ul> <p>Actuellement</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Formateur d'enseignant.es d'informatique du secondaire</li><li>• Master EdTech, Sorbonne Université</li></ul>



# Plan de la présentation

- Introduction, considérations générales et quelques mots sur les Intelligences Artificielles Génératives (13h40 - 13h55)
- IAG et enseignement des mathématiques, éléments d'état des lieux et perspectives au travers de quelques exemples (13h55 - 14h20)
- Il n'y a pas que les IAG dans la vie et quelques points supplémentaires (14h15 - 14h30)
- Discussion (14h30 - 15h)



# Introduction : quelques points de vue sur les IA en éducation



## Considérations générales : quelques points de vue sur l'IA en éducation

“La vitesse de ce développement est telle que les études scientifiques permettant de mieux comprendre les usages et leurs impacts sont encore très rares car elles nécessitent un temps incompressible de mise en place et de vérification. On peut dire que globalement, d'un point de vue scientifique, c'est une terra incognita : on sait peu et nombreuses sont les questions ouvertes.”

Pierre-Yves Oudeyer, Centre Inria de l'Université de Bordeaux, septembre 2024, cité dans [“L'IA et l'avenir du service public, rapport thématique #3, IA et éducation, Sénat, France”](#)



## Considérations générales : quelques points de vue sur l'IA en éducation

“Trop c’est trop ! la multiplication de propos et publications sur l’IA dans l’enseignement ou au service de la pédagogie amène à une saturation qui dessert la cause même que chacun de ces propos défend. L’inflation informationnelle est une dérive qui, malheureusement, crée du trouble, et paradoxalement de l’ignorance.”

Extrait de “[Quand l’IA fait causer et produire, à propos et autour de l’éducation](#)”,  
blog de Bruno Devauchelle



## Considérations générales : quelques points de vue sur l'IA en éducation

« Si l'on met de côté pour un moment la question de la fiabilité des modèles linguistiques pour la notation, le retour d'information, la planification et la préparation - ou l'opportunité de décharger les tâches pédagogiques essentielles du jugement professionnel vers les technologies de traitement des langues et les entreprises edtech, ou tous les autres problèmes et dangers - le projet illustre ce que la critique de la technologie et de la politique Evgeny Morozov a appelé le « solutionnisme technologique ».

Le solutionnisme technologique est l'idée que la technologie peut résoudre les problèmes les plus complexes de la société avec une efficacité maximale. Selon M. Morozov, cette idée permet aux entreprises technologiques de transformer des problèmes publics en problèmes privés, de produire des « micro-solutions à des macro-problèmes », ce qui leur permet souvent d'en tirer un bénéfice financier. »

# Considérations générales : quelques points de vue sur l'IA en éducation



L'introduction de <https://www.youtube.com/watch?v=hJP5GqnTrNo>





# Pour synthétiser, autour des IA en éducation

## Deux constats

- Enormément de choses, qui évoluent tous les jours ou presque, sur lesquelles on ne sait que peu de choses
- Beaucoup de points de vue personnels, de croyances, de « vérités » assénées, d'enjeux divers

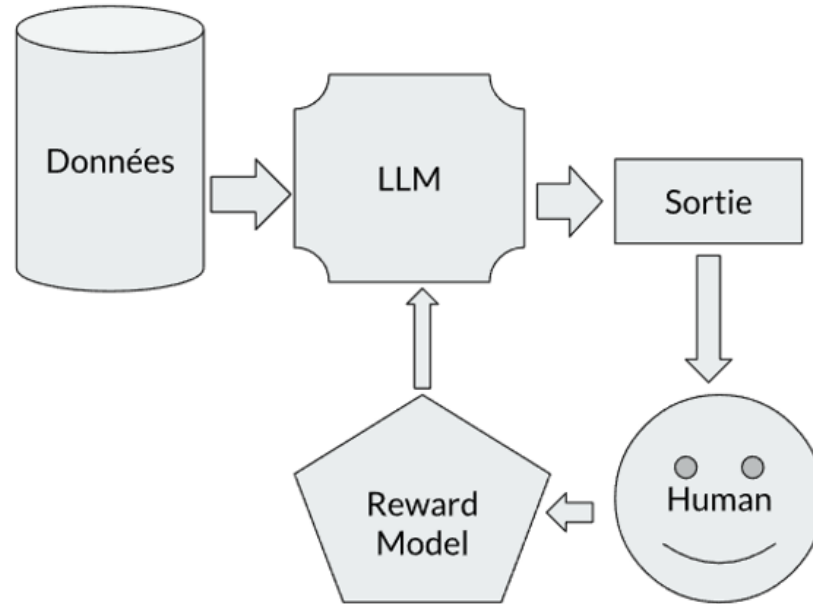
## Trois questions qui en découlent

- Urgence à s'en emparer ou urgence d'attendre ?
- “Innover” pour innover ? Entrée par l'outil ou par l'intention didactique - enseignante ?
- Quelles prise en compte des questions éthiques, sociales, environnementales ?



# A propos des IA génératives

# Principe très simplifié de fonctionnement d'une IA générative





# Chat GPT par lui - même

Bonjour Peux-tu te présenter ?



Bonjour ! Je suis ChatGPT, un assistant virtuel basé sur l'intelligence artificielle, créé par OpenAI. Mon rôle est de répondre à vos questions, de vous aider dans vos projets, de fournir des informations, ou simplement de discuter. Je suis capable de traiter une grande variété de sujets, que ce soit en science, en technologie, en littérature, en cuisine, ou même pour écrire ou corriger des textes.

Que puis-je faire pour vous aujourd'hui ? 😊



Je fonctionne grâce à un modèle d'intelligence artificielle basé sur des réseaux neuronaux, plus précisément une architecture appelée **transformer**. Voici une explication simplifiée de mon fonctionnement :

### 1. Apprentissage initial :

- J'ai été entraîné sur de grandes quantités de textes provenant d'Internet (livres, articles, sites web, etc.) pour comprendre la langue, le contexte, et les relations entre les mots, phrases et idées.
- Cet apprentissage est supervisé : mes créateurs m'ont ajusté pour optimiser mes réponses grâce à des données d'entraînement annotées.

### 2. Traitement des questions :

- Quand vous posez une question, votre texte est converti en une forme que je peux comprendre grâce à un processus appelé **tokenisation**. Cela découpe les phrases en morceaux plus petits (souvent des mots ou des fragments de mots).
- Je traite ces morceaux à travers plusieurs couches de mon réseau pour analyser le contexte et générer une réponse. Mon fonctionnement repose sur des pondérations mathématiques qui m'aident à prédire la meilleure réponse possible.

### 3. Génération de réponse :

- En me basant sur le contexte de votre question je produis une réponse en construisant une phrase mot par mot en choisissant les termes les plus probables à chaque étape.
- Mon but est de donner une réponse cohérente, informative et adaptée à votre question.

### 4. Amélioration continue :

- Je ne peux pas apprendre directement de vos conversations en temps réel (sans activation explicite de fonctionnalités de personnalisation), mais mes développeurs utilisent des interactions anonymisées pour améliorer mes performances lors de futures mises à jour.

### Mes limites :

- Je ne comprends pas les intentions comme un humain : je travaille à partir de modèles statistiques.
- Je n'ai pas de "mémoire longue" dans cette conversation, à moins que vous activiez une option spécifique.
- Je ne peux pas naviguer sur Internet en direct sauf si je suis configuré pour accéder à des outils comme le web.

En résumé, je suis comme un assistant linguistique très avancé, mais je n'ai pas de conscience ni de compréhension subjective. 😊

The background is a solid orange color. In the top-left corner, there are three vertical bars of varying heights, each composed of three overlapping circles. In the bottom-right corner, there are four vertical bars of varying heights, each composed of three overlapping circles.

# IAG, enseignement des mathématiques et formation



# Chat GPT raisonne -t-il ?

Extraits d'une réponse de ChatGPT à la question : « **est-ce que tu raisones ?** »

C'est une excellente question ! Voici une réponse nuancée pour expliquer comment je "raisonne" ou, plus précisément, comment je simule un raisonnement.

## 1. Simuler le raisonnement :

Mon fonctionnement repose sur l'analyse de relations et de modèles dans les données sur lesquelles j'ai été entraîné. Cela me permet de **simuler un raisonnement logique** en construisant des réponses adaptées.

Par exemple, si vous me posez une question qui nécessite plusieurs étapes de déduction, je peux effectuer ces étapes en suivant des règles implicites apprises lors de mon entraînement.





# Chat GPT raisonne -t-il ?

Extraits d'une réponse de ChatGPT à la question : « **est-ce que tu raisones ?** »

## 2. Différence avec le raisonnement humain :

**Raisonnement humain :** Vous utilisez l'expérience, l'intuition et votre compréhension du monde pour déduire ou résoudre des problèmes, souvent en combinant des faits avec votre perception des émotions et du contexte.

**Moi :** Je ne fais qu'exploiter des modèles statistiques pour prédire la suite logique d'une conversation ou pour résoudre un problème. Cela peut donner l'impression que je "raisonne", mais je ne "comprends" pas réellement comme vous.



# Chat GPT raisonne -t-il ?

Extraits d'une réponse de ChatGPT à la question : « **est-ce que tu raisones ?** »

## 3. Exemples de mes capacités :

**Logique formelle** : Si vous me donnez un problème mathématique ou une question logique, je peux suivre des règles claires pour résoudre le problème.

**Raisonnement basé sur des connaissances** : Je peux combiner des faits que j'ai appris pour répondre à des questions complexes ou résoudre des énigmes.

**Planification et déduction** : Si vous me demandez de planifier quelque chose (comme un itinéraire ou une stratégie), je peux vous aider en tenant compte des données disponibles.



# Chat GPT raisonne -t-il ?

Extraits d'une réponse de ChatGPT à la question : « **est-ce que tu raisones ?** »

## 4. Limites de mon raisonnement :

**Pas de compréhension subjective :** Je ne "ressens" pas, je ne "sais" pas, et je n'ai pas conscience de ce que je fais. Tout repose sur des calculs et des probabilités.

**Pas d'auto-correction réelle :** Si une réponse semble logique mais est fausse, je ne le "sais" pas instinctivement. Cependant, je peux détecter des incohérences si vous me les pointez.

**Contexte limité :** Mon raisonnement dépend strictement des informations que vous me fournissez et de celles intégrées dans mon entraînement. Je ne peux pas "aller au-delà" de ces limites.

En résumé, **je ne raisonne pas au sens humain, mais je suis capable de simuler un raisonnement de manière très avancée** en m'appuyant sur des modèles de langage et des algorithmes sophistiqués. Cela peut parfois donner l'impression que je réfléchis, mais tout cela reste mécanique. 😊



# IAG un outil (de plus) pour l'enseignant

- **Préparation :**
  - Plan de leçon
  - Génération de ressources selon des critères didactiques
  - Anticiper des difficultés
  - Génération de quizz
- **A posteriori :**
  - Correction de copies
  - Analyse de production d'élèves



# Génération de QCM

- Éléments issus d'un « projet tutoré » mené par Vincent Lotore, dans le cadre du DU EdTech, Sorbonne Université, 1<sup>er</sup> semestre 2024
  - **Auteur** : professeur de mathématique dans le secondaire 2 français
  - **Question** : « quelles IA pourraient aider la conception d'un QCM de mathématiques et quels seraient leurs bénéfices et limites respectives ? »
- > Questionnement d'un double point de vue : mathématique (qualité des QCM par rapport aux apprentissages) ; travail enseignant (gain de temps, formats produits, etc.)
- **Méthode** : comparaison exploratoire de quatre IA sur le thème des racines carrées pour des élèves de niveau 2<sup>nde</sup> (1<sup>ère</sup> année secondaire 2) ; Gemini et Copilot représentent des IA « grand public », Mistral est une IA française et Quiz Wizard est un module de conception de quiz intégré à la plateforme Wooclap à base d'IA et donc conçue pour les enseignants et formateurs.



# Génération de QCM

**Prompt utilisé** « Je suis un enseignant de mathématiques en France. Je souhaite rédiger une évaluation de type QCM pour des élèves de seconde portant sur le thème des racines carrées. Le test doit comporter dix questions. Chaque question doit être accompagnée de quatre réponses qui soient toutes plausibles. Les items évalués sont : réduire une racine carrée ; multiplier les racines carrées de deux nombres issus de la même table de multiplication; additionner des expressions comportant des racines carrées du même nombre ; Réduire une expression comportant un quotient et un produit de racines carrées et enfin réduire une somme de racines carrées de nombres qui soient tous un produit d'un même nombre par un carré parfait. »



# Génération de QCM

## Gemini de Google :

1. La correction est donnée sans avoir été demandée, ce qui est positif, mais comporte des erreurs grossières sur la majorité des questions ce qui est surprenant car les bonnes réponses sont présentes à chaque fois.
2. Qualité des questions : toutes les questions portent sur des racines de carrés parfaits et quasiment toutes sur les racines de 4,9,16,25 et 36. Les items sont respectés mais interprétés d'une manière qui ne correspond pas aux compétences à évaluer. (voir Annexe 1)
3. Qualité des distracteurs :
  - Assez bonne pour ce qui est des ordres de grandeurs. On remarque sur l'ensemble du questionnaire la présence d'au moins un distracteur correspondant à une erreur classique d'élève (un autre est potentiellement lié à un heureux hasard). C'est peu mais il s'agit tout de même d'une bonne surprise



# Génération de QCM

## Mistral AI :

- Qualité des questions : remarquable interprétation des items. Difficile de distinguer ces questions de celles que l'on trouve dans les exercices. (Annexe 3)
- Qualité des distracteurs. Très satisfaisante, trois distracteurs écrit sous forme de somme (bien plus rare que dans la proposition de Copilot).
- Résultat facile à copier-coller, les symboles mathématiques sont reconnus dans word
- Le test est exploitable avec seulement quelques menues corrections sur moins de cinq distracteurs.
- Demande d'amélioration « *c'est une très bonne proposition. Attention certaines réponses contiennent une opération ce qui n'est pas pertinent. Peux-tu améliorer cela?* »
- Pas d'amélioration du QCM





# Conclusions de Vincent

- Avec une formation minimum à l'utilisation d'une IA générative, le coût en termes de travail supplémentaire pour générer ces tests et les corrigés correspondants semble tout à fait acceptable par rapport aux gains que l'on peut espérer en termes d'efficacité dans l'ingénierie de formation mise en place par l'enseignant mais également en termes de motivation chez les élèves. La diffusion d'un sujet de préparation et de sa correction permettrait en effet de donner des objectifs explicites pour les élèves ; ce qui manque souvent à une partie d'entre eux. Cette pratique pourrait sans doute favoriser une augmentation du travail de révision et une amélioration de l'efficacité de celui-ci.
- L'enseignant qui souhaiterait se lancer dans une telle pratique devra toujours se montrer vigilant quant aux productions d'une IA générative, même si celle-ci donne plutôt satisfaction comme c'est le cas pour Mistral AI.



# IAG un outil (de plus) pour l'élève

Un tuteur

[https://www.youtube.com/watch?v=lvXZCocyU\\_M](https://www.youtube.com/watch?v=lvXZCocyU_M)



Un interlocuteur : situation de formulation



## Quelques exemples de résolution de problèmes proposés par ChatGPT

- <https://chatgpt.com/c/679b49a7-eed4-800e-ae65-00263b24a4e7>



# Quelques questions pour la formation des enseignants de mathématique

Quelques utilisations possibles d'une IA générative par les formateurs d'enseignants :

IAG un outil pour les formatrices – formateurs :

- faire réaliser une analyse critique de l'analyse didactique d'une situation générée par une IA générative
- Pour (pré)concevoir un dispositif de formation

Durant la formation

- Quelles genèses instrumentales pour les enseignants, pour les élèves ?
- Approches documentaires : une ressource de plus pour l'enseignant ?



# De nouveaux savoirs à enseigner ?

**Constat** : une part importante de l'utilisation efficace d'une IA générative est liée au fait d'être capable :

- De rédiger des prompts efficaces
- D'avoir un regard critique sur les résultats produits

**Question** : cela implique-t-il la définition de nouveaux savoirs à enseigner ? Dans quels curriculums ? Quels impacts pour la formation (des formatrices et formateurs) des enseignant.es ?



**Il n'y a pas que les IAG  
dans la vie et quelques  
points complémentaires**



# Il n'y a pas que les IAG dans la vie...

« Les Systèmes d'Intelligence Artificielle en éducation : Enseignement augmenté ou déprofessionnalisation ? », [conférence d'Isabelle Collet](#) (en particulier l'introduction qui explique pourquoi il ne faut pas considérer que les IA génératives)



# Une IA pour faire des preuves en mathématiques

Des performances quantifiées :

“On a test set of 30 latest olympiad-level problems, **AlphaGeometry** solves 25, outperforming the previous best method that only solves ten problems and approaching the performance of an average International Mathematical Olympiad (IMO) gold medalist. Notably, AlphaGeometry produces human-readable proofs, solves all geometry problems in the IMO 2000 and 2015 under human expert evaluation and discovers a generalized version of a translated IMO theorem in 2004.”

Extrait de : Trinh, T. H., Wu, Y., Le, Q. V., He, H., & Luong, T. (2024). Solving olympiad geometry without human demonstrations. *Nature*, 625(7995), 476-482.

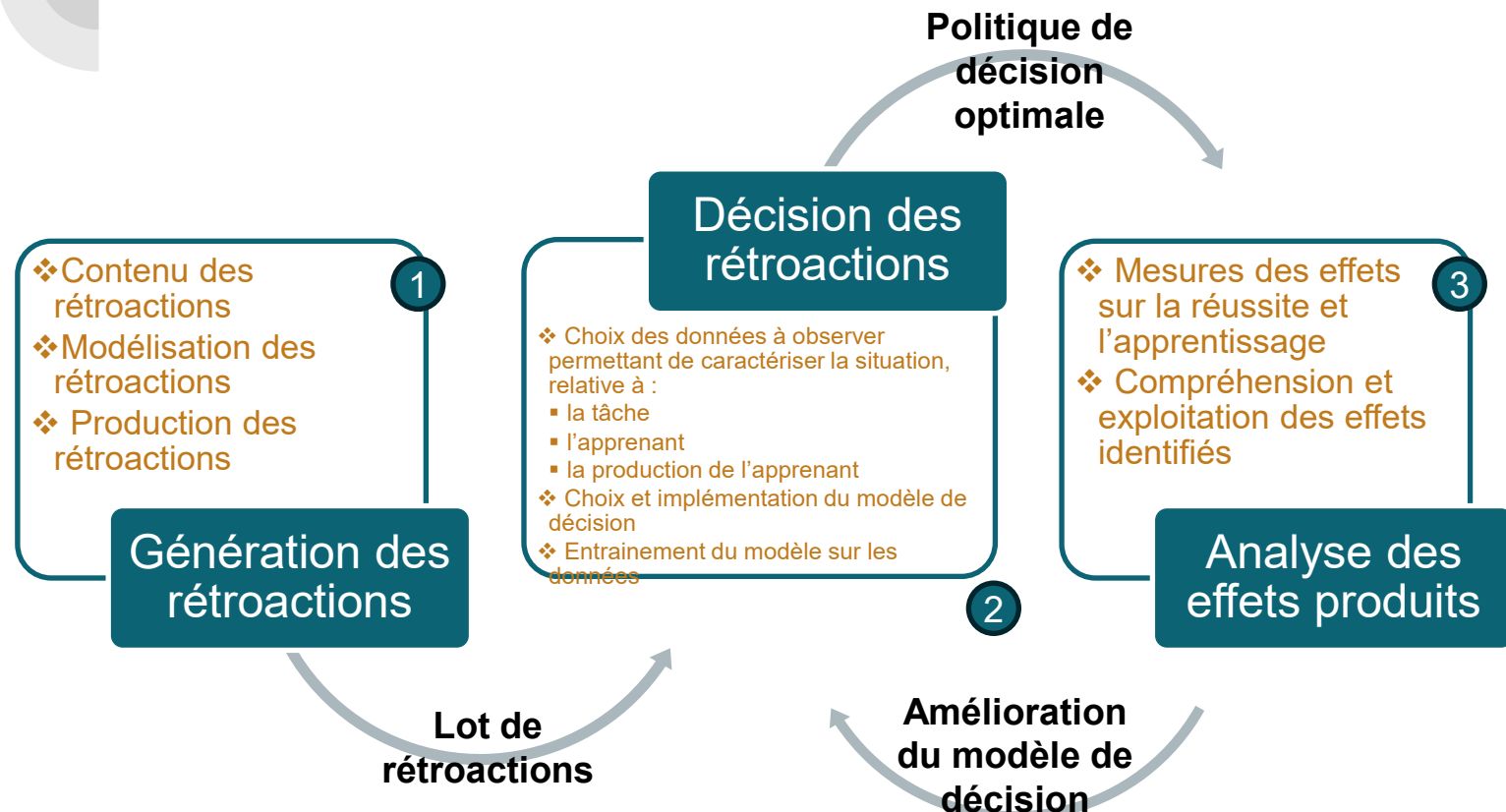




## Autres IA, apports et questions pour l'enseignement des mathématiques (et la didactique des mathématiques)

- Autres apports d'IA pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : proposer des systèmes capables d'agir dans un contexte complexe – incertain. Par exemple proposer des feedbacks adaptés à l'apprenant dans un environnement numérique d'apprentissage ?
- (Re)questionner des résultats issus de la didactique ?
- Explorer des situations où les connaissances expertes ne suffisent pas à tout dire, sont insuffisamment modélisées – modélisables, etc.

# Didactique et IA pour la décision de rétroactions dans un environnement numérique d'apprentissage





# **Autres questions, ressources et références bibliographiques**





## **Autres considérations, non évoquées mais non moins essentielles**

Considérations éthiques, sociales et environnementales :

- les IA apprennent sur des données, donc si les données sont biaisées les IA le seront aussi
- les conditions sociales des travailleuses et travailleurs exploités pour faire apprendre sont trop souvent scandaleuses
- le coût environnemental du développement et de la maintenance des IA de type LLM sont loin d'être négligeables
- des doutes sérieux existent sur les modèles économiques qui soutiennent les IAG
- Etc.



# Sélection de ressources

<https://xmind.app/m/Qe435Q>





# Bibliographie, sources scientifiques

- Emprin, F., & Richard, P. R. (2023). Intelligence artificielle et didactique des mathématiques : État des lieux et questionnements. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 28, 131-181.  
<https://doi.org/10.4000/adsc.3286>
- Richard, P. R., Vélez, M. P., & Van Vaerenbergh, S. (Éds.). (2022). *Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence : How Artificial Intelligence can Serve Mathematical Human Learning*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0>
- Van Vaerenbergh, S., & Pérez-Suay, A. (2022). A Classification of Artificial Intelligence Systems for Mathematics Education. In P. R. Richard, M. P. Vélez, & S. Van Vaerenbergh (Éds.), *Mathematics Education in the Digital Era* (Vol. 17, p. 89-106). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0_5)

# Discussion



## Quelques ouvertures, mais on peut aussi parler d'autres choses

- L'IA est souvent présentée comme un moyen d'individualiser, mais quid de la fonction sociale de l'école et de la dimension sociale des apprentissages ?
- Il existe des IA boîtes noires et des IA explicables, sont-elles toutes les deux pertinentes pour l'éducation ?
- Dans quelle mesure l'introduction des IA dans les artefacts à disposition des enseignants et des élèves est-elle comparable à l'introduction des calculatrices formelles ou de la géométrie dynamique ?
- Impacts curriculaires des IA (obsolescence de certains savoirs ? Émergence de savoirs nouveaux ?) -> dans les curriculums d'enseignement des mathématiques ; dans les curriculums de formation des enseignants (de mathématiques)
- Des IA « maison » pour répondre à des questions particulières dans des contextes spécifiques -> Bot / assistants personnels basé sur des LLM entraînés sur des données sélectionnées (RAG)