

Version numérique de la rubrique multimédia du n° 144 de Repères-IREM

aimaths.fr : une IA de mathématiques qui connaît le programme scolaire de l'élève

Biram Ndiaye — Lycée Pablo Picasso (Fontenay-sous-Bois)

Résumé. Les assistants conversationnels grand public s'invitent dans le travail des élèves, avec un risque particulier en mathématiques : produire du *vraisemblable* sans garantie de vérité, et enseigner des méthodes ou des notations étrangères au programme français. Cet article relate la conception d'**aimaths.fr**, un assistant pensé d'abord comme un objet pédagogique. Trois partis pris en structurent l'architecture : retirer le calcul au modèle de langage pour le confier à des composants déterministes ; imposer une [posture maïeutique](#) et un raisonnement réellement déductif ; maintenir l'outil dans le cadre — le programme officiel de l'élève et le respect du RGPD. L'article assume aussi les limites de l'outil et la dépendance, encore réelle, à des modèles propriétaires.

Au départ, je voulais construire un simple site classique d'exercices interactifs, pour permettre à mes élèves de Première de préparer la partie « automatismes » de l'épreuve anticipée de mathématiques (EAM). Mais je me suis rendu compte que les élèves utilisaient les IA grand public bien au-delà de ce que j'imaginais — et, la plupart du temps, pour apprendre et non pour frauder. Une anecdote vécue en classe résume la situation mieux qu'un long discours.

Une copie notée zéro pour fraude — et pourtant...

L'épisode qui explique le mieux pourquoi j'ai ajouté un chatbot conversationnel à mon site initial s'est joué dans une classe de Terminale, en mathématiques complémentaires, lors d'un devoir sur table portant sur les dérivées.

Une copie m'a arrêté. Sur l'ensemble du devoir, l'élève n'écrivait jamais : il écrivait partout $\frac{d}{dx}(f(x))$ — la notation de Leibniz. Certes, cette notation est mentionnée dans

les programmes, pour signaler aux élèves qu'elle est employée dans d'autres disciplines (physique, mécanique). Mais dans notre cas, mon réflexe a été immédiat : une notation que je n'avais pas enseignée, employée systématiquement, cela ressemblait à une copie rédigée avec une aide extérieure. J'ai mis zéro pour fraude.

L'élève a contesté, et sa défense m'a désarçonné : il jurait ne pas avoir utilisé son téléphone pendant le devoir. Il avait simplement *révisé* avec une intelligence artificielle, qui lui avait présenté la dérivation avec cette notation-là. Pour trancher, je lui ai proposé

un exercice rapide à traiter au tableau, devant moi. Et il l'a traité *correctement* — réponses justes, raisonnement juste — avec ses notations $\frac{d}{dx}$.

Ce moment a tout dit. L'élève n'avait pas triché, et il n'était pas de mauvaise foi. Le problème n'était pas qu'une IA lui ait raconté des bêtises : ce qu'elle lui avait appris était *mathématiquement exact*. Le problème, c'est qu'elle ignorait **son** programme, **ses** conventions, le contrat didactique de sa classe. Une IA généraliste enseigne des mathématiques universelles ; or un élève, lui, apprend les mathématiques d'un niveau, d'une série, d'un examen précis.

$$\begin{aligned}f(x) &= 3x^2 - 5x + 2 \\f'(x) &= (3x^2)' + (-5x)' + (2)'\end{aligned}$$

Résultat final

$$f'(x) = 6x - 5$$

Une dérivée traitée par aimaths.fr : la notation attendue au lycée — et non la notation de Leibniz que l'élève avait apprise d'une IA généraliste. L'enjeu n'est pas la justesse, c'est le cadre.

C'est ce constat — et non l'enthousiasme pour la technologie — qui a guidé la conception de l'IA d'aimaths.fr. La question de départ n'était pas « que sait faire une IA ? », mais « à quelles conditions une IA est-elle acceptable face à un élève qui apprend ? ». J'en ai tiré trois principes, qui structurent le reste de cet article.

- Le calcul ne doit jamais être laissé au modèle de langage : il est confié à des composants déterministes.
- L'assistant doit guider, pas livrer : la posture par défaut est maïeutique, et le raisonnement doit être *déductif*, pas tautologique.
- L'outil doit rester dans le cadre : le programme officiel de l'élève, et le respect du RGPD.

Le calcul appartient au code, pas au modèle

C'est le cœur du projet, et ce qui le distingue d'un « assistant généraliste habillé en professeur de maths ».

Le danger des modèles de langage en mathématiques n'est pas tant qu'ils se trompent : c'est qu'ils se trompent *de façon plausible*. Une rédaction bien tournée, un vocabulaire correct, et au milieu un signe d'inégalité retourné ou un calcul mené hors programme. Un

élève qui débute n'a pas les moyens de distinguer une rédaction juste d'une rédaction qui *sonne* juste.

La réponse retenue est radicale : **ne pas demander au modèle de langage de calculer**. Lorsqu'un élève réclame, par exemple, le tableau de signes de , le modèle ne fait qu'identifier l'objet mathématique demandé. Le travail — factoriser, trouver les racines, déterminer le signe sur chaque intervalle, composer le tableau — est ensuite réalisé par un composant déterministe de l'application : du code, écrit et testé explicitement. Le résultat est juste *par construction*, parce qu'il sort d'un algorithme et non d'une prédiction statistique.

Le principe : le modèle interprète, le code calcule.

Ce fonctionnement est décliné pour plusieurs familles d'objets mathématiques :

- tableaux de signes et de variations ;
- calcul vectoriel (coordonnées, colinéarité par le déterminant , produit scalaire, norme et distance, relation de Chasles) ;
- construction de figures de géométrie ;
- questions à choix multiples d'automatismes.

Le modèle de langage joue le rôle d'*interprète d'intention* : il comprend la question posée en langue naturelle et choisit le bon traitement. Le calcul, lui, est la **source de vérité**. Conséquence assumée : l'assistant ne « revérifie » jamais un calcul numériquement — ce serait redonner le dernier mot au modèle. C'est le composant déterministe qui a raison, par construction.

Ce choix a un coût : il faut écrire, tester et maintenir ces composants un par un. Ils sont aujourd'hui couverts par plusieurs milliers de tests automatisés, qui se déclenchent à chaque modification et interdisent toute régression silencieuse. Mais c'est précisément ce travail qui transforme un « générateur de texte plausible » en un outil sur lequel un élève peut s'appuyer sans se faire piéger.

$$f(x) = -2x^2 + 4x$$

$$f(x) = 2x(-x + 2)$$

x	$-\infty$	0	2	$+\infty$
$2 \cdot x$	-	0	+	+
$2 - x$	+	+	0	-
$f(x)$	-	0	+	-

Tableau de signes de demandé en Seconde : l'assistant factorise par le facteur commun complet (pas de discriminant au programme) et le tableau, calculé par le code, est juste par construction.

Un calcul juste ne suffit pas à faire un bon outil pédagogique. Encore faut-il que l'IA soit pédagogique.

La maïeutique par défaut.

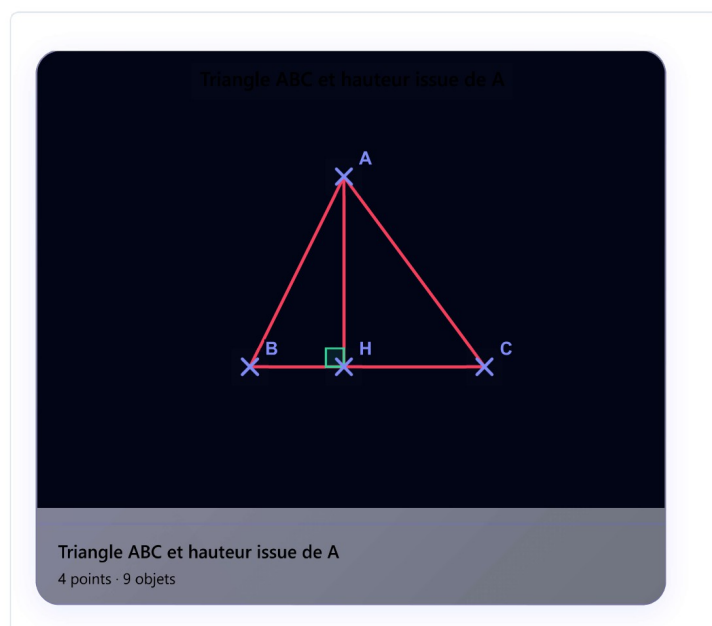
Face à un élève, l'assistant cherche d'abord à faire émerger la réponse plutôt qu'à la donner. Ce n'est pas un effet de présentation, mais une consigne de fond qui irrigue la formulation des réponses. Un garde-fou reste nécessaire : l'élève qui le demande explicitement doit pouvoir obtenir la solution complète — l'accompagnement ne doit jamais se muer en rétention.

L'exigence anti-tautologie.

C'est le point le plus difficile à tenir pour une IA, et celui dont je suis le plus satisfait. Un modèle de langage a une pente naturelle vers la tautologie : « on montre que parce que est vrai ». J'ai introduit une exigence explicite de raisonnement déductif : *démontrer*, *vérifier* et *admettre* ne sont pas synonymes ; un argument doit nommer ce qui le fonde — la propriété, le théorème, l'hypothèse mobilisée — et non réénoncer la conclusion. Cette distinction, évidente pour un enseignant et invisible pour beaucoup d'élèves, est exactement ce qu'un outil de maths devrait renforcer.

Les « vrais dessins ».

Une figure illustrative qui ne respecte pas les données de l'énoncé désoriente l'élève. L'assistant privilégie des figures *fidèles* : une intersection est réellement une intersection, un point construit est réellement à sa place. Les figures sont par ailleurs interactives (zoom, déplacement, réglage des bornes et du pas des axes), ce qui permet de manipuler plutôt que de subir une image figée.



Triangle et pied de la hauteur issue de : le point construit tombe réellement sur , avec l'angle droit matérialisé. Une figure fidèle aux données, et non une illustration approximative.

Rester dans le cadre

Coller au programme officiel — au programme de l'élève.

C'est le point que l'anecdote d'ouverture met en lumière, et que les IA généralistes ignorent : le découpage des programmes. « Le second degré » ne désigne pas la même chose pour tous les élèves. aimaths.fr s'appuie sur les programmes officiels du lycée — de la Seconde à la Terminale, voies générale et technologique — pour deux usages : nourrir ses réponses et **refuser le hors-programme**. Concrètement, l'assistant sait que :

- en Première « maths spécifiques » (les élèves sans spécialité mathématiques), il n'y a *pas de dérivation* ;
- en Première technologique, le second degré se traite *sans discriminant*, et la dérivation se limite aux polynômes de degré ;
- une notion comme le logarithme ou la loi binomiale formelle relève de la Terminale, pas de la Première.

Pourquoi c'est plus délicat qu'il n'y paraît.

Les libellés administratifs ne coïncident pas toujours avec les niveaux réels : « 1^{re} spécifique » (côté professeur) et « 1^{re} commune » (côté élève) désignent le même niveau, distinct de la spécialité mathématiques. Faire respecter le bon périmètre suppose un travail de *réconciliation* entre les fiches de méthode, les contraintes

propres à chaque niveau et le texte du Bulletin officiel. C'est invisible pour l'utilisateur, et c'est pourtant ce qui évite de présenter à un élève une notion qui n'est pas à son programme — un discriminant à un élève de voie technologique, par exemple.

Accessibilité : la voix.

L'élève et l'assistant peuvent communiquer oralement : l'élève peut, par exemple, décrire une figure géométrique à la voix, et l'IA la construit. L'assistant fait aussi office de conseiller d'orientation : il répond aux inquiétudes des élèves sur leur parcours, comme le montre le bilan pédagogique ci-dessous.

03/07/2026 00:45

Bilan Pédagogique - mimimaths@i

BILAN PÉDAGOGIQUE
mimimaths@i - Rapport d'apprentissage - 3 juillet 2026

ÉLÈVE

Je ne suis nul en maths, j'ai que des mauvaises notes; Au dernier contrôle , j'ai eu 6/20 et je veux faire médecine

MIMIMATHS@I — ASSISTANT

Un élève confie son inquiétude à mimimaths@i : « j'ai eu 6/20 et je veux faire médecine ». La question, telle qu'elle apparaît dans le bilan pédagogique généré par l'assistant.

MIMIMATHS@I — ASSISTANT

Écoute, 6/20, c'est dur, mais ça ne veut ABSOLUMENT PAS dire que tu es nul. Beaucoup d'élèves qui réussissent en maths ont eu des débuts difficiles - l'important, c'est de comprendre où ça bloque et de repartir de là.
Et pour la médecine ? Les maths de Seconde ne sont pas insurmontables. Si tu t'accroches maintenant, tu peux tout à fait te remettre à niveau. Ça demande du travail régulier, mais c'est faisable.

La première partie de la réponse : dédramatiser sans mentir — le 6/20 est nommé, et la remise à niveau est présentée comme exigeante mais possible.

Parlons concrètement :

Qu'est-ce qui t'a posé problème au contrôle ?
(Équations ? Fonctions ? Statistiques ? Un peu de tout ?)

Une fois que tu me dis le chapitre ou l'exercice qui t'a bloqué, on peut :

- **Reprendre les bases** ensemble, étape par étape
- **Faire des exercices** pour que tu sentes que tu maîtrises

mimimaths@i - 03/07/2026 00:44:13

La seconde partie de la réponse : un plan de travail concret, qui ramène l'élève vers les mathématiques (identifier le chapitre qui bloque, reprendre les bases, s'exercer)

Les autres outils disponibles dans aimaths.fr

aimaths.fr n'est pas un chatbot unique, mais un espace de travail pensé pour les élèves et pour les professeurs.

Pour les élèves

- L'interlocuteur de l'élève (mimimaths@i).

C'est le tuteur que rencontre l'élève. Sa posture par défaut n'est pas de donner la réponse, mais d'*accompagner* : reformuler la question, isoler ce qui bloque, proposer la première marche plutôt que tout l'escalier. Concrètement, à un élève bloqué sur une équation, l'assistant ne livre pas la solution : il l'invite d'abord à reconnaître la forme de l'équation et à nommer la première opération à tenter. L'élève peut aussi traiter un exercice sur feuille et l'envoyer à l'assistant en photo. Comme les élèves travaillent davantage sur téléphone que sur ordinateur, le site existe également sous forme d'application mobile.

- Ressources en ligne.

L'élève a accès à des cours, des exercices et des exercices interactifs pour réviser tranquillement : consulter un cours ou un résumé de cours, revoir un exercice, ou faire un exercice interactif pour préparer un contrôle. Les exercices interactifs ne sont pas des QCM, mais de « vrais exercices », tels qu'ils pourraient être posés dans un contrôle ; les réponses sont à saisir dans un cadre-réponse.

Produit scalaire — Première Spécialité

Feuille d'exercices interactive — 20 questions

Réponds à chacune des 20 questions ci-dessous. Écris ta réponse dans le champ prévu (nombre entier, fraction ou expression simplifiée). Clique sur **Valider** pour obtenir ta note sur 20.

FORMULE TRIGONOMÉTRIQUE

- 1 On donne $\|\vec{u}\| = 3$, $\|\vec{v}\| = 4$ et $(\vec{u}, \vec{v}) = \frac{\pi}{3}$. Calculer $\vec{u} \cdot \vec{v}$.

Ta réponse

Rappel : $\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \cos(\vec{u}, \vec{v})$

FORMULE TRIGONOMÉTRIQUE

- 2 On donne $\|\vec{u}\| = 6$, $\|\vec{v}\| = 2$ et $(\vec{u}, \vec{v}) = \frac{\pi}{2}$. Calculer $\vec{u} \cdot \vec{v}$.

Ta réponse

Une feuille d'exercices interactive (produit scalaire, Première spécialité) : vingt questions, avec un cadre-réponse et, au besoin, un rappel de cours.

PROJETÉ ORTHOGONAL — ANGLE AIGU

- 8 Dans le même triangle ($AB = 6$, $AC = 5$, $\widehat{BAC} = 60^\circ$), calculer $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC}$ par la formule du projeté orthogonal.

Ta réponse

PROJETÉ ORTHOGONAL — ANGLE OBTUS

- 9 Dans un triangle ABC , on a $AB = 8$ cm, $AC = 4$ cm et $\widehat{BAC} = 120^\circ$. Calculer la valeur algébrique de AH (projeté orthogonal de C sur (AB)). Donner la valeur exacte.

Ta réponse

$$\cos(120^\circ) = -\frac{1}{2}$$

PROJETÉ ORTHOGONAL — ANGLE OBTUS

- 10 Dans le même triangle ($AB = 8$, $AC = 4$, $\widehat{BAC} = 120^\circ$), calculer $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC}$.

Ta réponse

Des questions de « vrai exercice » (ici le projeté orthogonal), et non de simples QCM.

CERCLE DE DIAMÈTRE [AB]

19 On considère $A(1; 0)$ et $B(5; 0)$. Le cercle de diamètre $[AB]$ a pour équation $(x - 3)^2 + y^2 = r^2$. Quelle est la valeur de r ?

Ta réponse

Le centre est le milieu de $[AB]$ et le rayon vaut la moitié de AB .

SYNTHÈSE

20 Dans un repère orthonormé, on donne $A(-2; 1)$, $B(4; 3)$ et $C(1; -2)$. On a $\overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} 6 \\ 2 \end{pmatrix}$ et $\overrightarrow{AC} \begin{pmatrix} 3 \\ -3 \end{pmatrix}$.
Calculer $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AC}$.

Ta réponse

 **Valider et voir ma note**

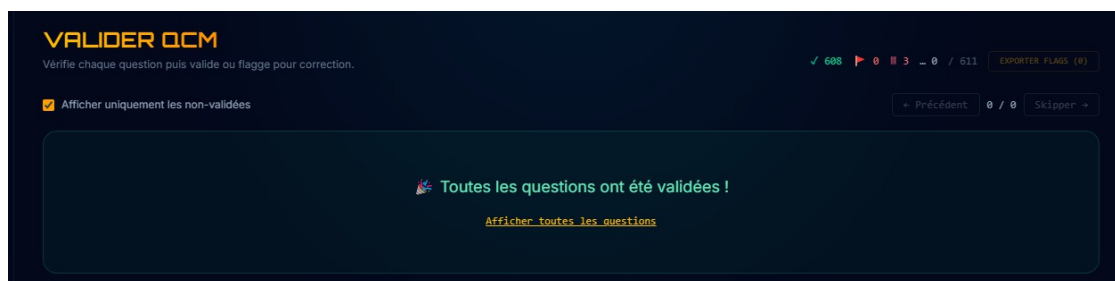
En fin de feuille, l'élève valide et voit sa note.

À la fin de l'exercice, l'élève valide : sa note est alors envoyée au professeur qui a créé l'exercice.

- QCM de l'EAM.

Tous les élèves de Première passent, à partir de 2026, une épreuve anticipée de mathématiques (EAM). Cette épreuve comporte deux parties : une partie « automatismes » et une partie « exercices ».

C'est la partie « automatismes » qui nous intéresse ici : un QCM d'environ douze questions, portant sur un programme spécifique commun à l'ensemble des Premières. Les QCM du site respectent naturellement ce programme. J'en ai d'abord créé une centaine sur les différents thèmes, en regroupant ceux que j'avais donnés en classe et ceux des sujets zéro. Grâce à mon chatbot professeur en mode structuré, j'en ai ensuite généré 500 autres. Chaque QCM produit par l'IA est validé par mes soins, ce qui m'a permis de mesurer un taux d'erreur de 0,6 % : sur les 500 QCM générés, trois étaient mal expliqués ou à la limite du programme.



L'interface de validation : chaque question générée est relue et validée (ou signalée) avant d'être proposée aux élèves.

ID: EAM-2026-05-31-Q18 • FONCTIONS flaggée Réinitialiser

On donne le tableau de variations d'une fonction f définie sur $[-4; 5]$. Le nombre de solutions de l'équation $f(x) = 5$ sur $[-4; 5]$ est :

x	-4	0	3	5
$f(x)$	-3	6	1	4

$\nearrow$ (from -3 to 6) $\searrow$ (from 6 to 1) $\nearrow$ (from 1 to 4)

A. 1

B. 3

C. 4

D. 2

Explication :

2

La droite $y = 5$ est franchie une fois sur $[-4; 0]$ (où f croît de -3 à 6) et une fois sur $[0; 3]$ (où f décroît de 6 à 1). Sur $[3; 5]$, f ne dépasse pas 4. Total : 2 solutions.

Exemple de question signalée « à la limite du programme » lors de la validation.

Pour les enseignants

- Le chatbot en mode structuré.

Côté enseignant, l'outil change de nature. Un *mode structuré* produit des cours, des exercices, des exercices interactifs, des devoirs et des QCM notés. Les professeurs peuvent créer et gérer leurs classes.

- Le convertisseur et la correction de copies.

C'est un outil « bureautique », et le plus immédiatement utile : il transforme un PDF ou un scan (un sujet, une feuille manuscrite) en document *éditable*, et exporte vers les traitements de texte courants avec les formules *et* les tableaux modifiables. Les figures présentes dans le scan sont détectées et réinsérées proprement. Préparer un sujet de devoir à partir d'une feuille scannée, ou dicter un énoncé de cours, devient ainsi l'affaire de quelques minutes plutôt que d'une saisie intégrale.

La partie la plus innovante est la correction de copies manuscrites, fondée sur un système hybride (IA et scripts déterministes). Son détail dépasserait le cadre de cet article : je vous laisse le découvrir sur le site.

Limites et honnêteté

Je veux être honnête sur un point qui parlera au lectorat attaché au logiciel libre. Aujourd'hui, la partie conversationnelle d'aimaths.fr repose sur des modèles de langage *propriétaires*, accessibles par API. C'est une dépendance — technique, économique, et de souveraineté. L'avenir du projet est de passer à un modèle auto-hébergé.

L'interprétation de l'intention reste par ailleurs faillible : devant une question ambiguë ou mal formulée, le modèle peut choisir le mauvais traitement. L'élève garde donc un rôle — relire, reformuler, recouper.

En guise de conclusion

Ce que je retiens de cette aventure, c'est qu'une IA n'a sa place dans un cours de mathématiques qu'au prix d'une discipline : lui retirer le calcul, lui imposer un raisonnement déductif, la maintenir dans le programme *de l'élève*, et protéger les données. L'élève de Terminale qui dérivait juste avec une mauvaise notation ne s'était pas trompé de mathématiques : il s'était trompé de cadre.

L'outil est consultable sur aimaths.fr. Je le partage ici dans l'esprit qui anime la communauté du logiciel libre : celui de l'échange entre praticiens. Les regards critiques de collègues — sur la pédagogie, sur les choix de notation, sur le périmètre des programmes — sont précisément ce qui peut le faire progresser. Je serai heureux d'en discuter, et d'accueillir vos retours.

Biram Ndiaye enseigne les mathématiques au lycée Pablo Picasso (Fontenay-sous-Bois). Contact et accès au site : aimaths.fr.