



# Bilan d'activité du laboratoire de mathématique du lycée international de Saint-Germain-en-Laye

## Année scolaire 2023/2024

Membres du laboratoire (professeurs de mathématiques) : Maria Östberg, Valérie Tamboise, Stéphanie Yvart, Yohann Le Boulair, Thomas Huguet, Marc Bugada, Xavier Marcon et Vincent Madiot.

Coordonateur du laboratoire : Vincent Madiot

Thème privilégié de recherche pour cette année : l'IA dans l'enseignement des mathématiques, qu'en faire ?

-----

### Sommaire :

- I) Les différentes séquences d'enseignement entreprises cette année, autour de l'ia.
  - II) Une installation débranchée : faire comprendre un mécanisme d'apprentissage machine via le jeu de Nim (pour le forum des innovations pédagogiques, mai 2024).
  - III) Conclusions et pistes de réflexion pour le futur.
- 

Depuis quelques années, l'ia s'est invitée dans notre quotidien. Pas une journée ou presque sans entendre parler d'une nouvelle percée de l'ia, d'un nouveau champ d'application, on nous promet une révolution digne de celle des années 2000 avec l'arrivée d'internet. Mais pour le public, et donc pour bon nombre d'enseignants, il est difficile d'imaginer quelles seront les formes concrètes que prendra cette révolution. Encore plus de prévoir les changements à venir pour nos enseignements.

Notre objectif cette année était de s'y confronter, possiblement en y impliquant les élèves. C'est pourquoi, à notre petite échelle, nous avons exploré quelques pistes de réflexion, que nous vous relatons dans ce document de synthèse.

# I) Les différentes séquences d'enseignement entreprises cette année, autour de l'ia.

## I-1) L'imaginaire de nos élèves de 6<sup>ème</sup>

Un programme de calcul est donné à une classe: multiplier par 4 puis ajouter 5.

On donne le résultat, puis on demande quel est le nombre choisi au départ.

Ensuite, on écrit un script en langage Scratch, permettant d'échanger avec un utilisateur humain, qui lui demande le nombre trouvé en fin de programme de calcul, pour finalement afficher le nombre qu'il avait choisi au départ.

A la suite de cette activité classique de collègue, un questionnaire est distribué aux élèves, à trois questions.

- 1) A quoi sert le programme que vous avez codé?
- 2) Fonctionne-t-il pour tous les nombres? Si oui, donner des exemples.
- 3) D'après vous, quel nom porte cette stratégie développée dans le script qui permet de retrouver le nombre de départ? Justifier.

Ce sont les réponses à la question 3 qu'il est intéressant d'analyser dans le cadre de notre recherche, montrant la diversité des imaginaires en lien avec ce script parfaitement déterministe:

<p>Ce stratégie est une intelligence artificiel car elle fait lui même les calculs en utilisant une intelligence artificiel</p>	<p>Une intelligence artificielle car elle pense toute seul. Est trouve un résultat à la question posé.</p>
<p>ça s'appelle un programme de mathématiques.</p>	<p>Cette une programmation pour faire des calculs spécifiques mais je ne sais pas comment cela s'appelle.</p>
<p>Une intelligence artificielle car elle pense toute seul. Est trouve un résultat à la question posé.</p>	<p>Je pense que c'est une intelligence artificielle car il arrive a tout calculer.</p>
<p>Je pense que s'appelle l'intelligence artificielle car elle calcule rapidement.</p>	<p>Cela s'appelle l'Intelligence Artificiel car c'est un appareil électronique qui calcule.</p>
<p>Je pense qu'il s'appelle un programme de construction car il faut construire un plan et trouver la réponse.</p>	<p>une stratégie de calcul car on doit calculer plusieurs fois.</p>
<p>J'ai créé un programme de calcul, car on est en maths et que ça sert à calculer.</p>	

Sur les 25 élèves ayant répondu à la question 3, 11 évoquent une intelligence artificielle pour qualifier l'action faite par ce programme. Plus que les techniques actuelles développées pour les robots conversationnels, c'est le côté artifice, le côté magique, que ces 11 élèves relèvent. Quand d'autres n'y voient finalement qu'une suite de deux opérations assez simples, qu'ils ont même du mal à qualifier (programme de construction, calculatrice etc...).

La diversité des perceptions de ces élèves ne fait que refléter, nous semble-t-il, nos propres imaginaires face à ce que nous appelons l'ia : variés, incertains, vagues. Car la plupart d'entre nous ne comprend pas véritablement comment fonctionnent ces robots.

## I-2) Faire créer un contenu mathématique par une ia, au niveau lycée.

Nous avons mené deux autres expériences sur les niveaux seconde et premières.

### I-2-a) Une classe renversée sur un chapitre de seconde : les statistiques descriptives

Voici un condensé du document transmis aux élèves expliquant en détail quel travail nous leur demandons.

#### **Qu'est ce que la pédagogie des classes renversées ?**

La méthode des classes renversées est une approche pédagogique qui pousse le concept de la classe inversée encore plus loin. Dans une classe renversée, les élèves sont responsables de la création du cours, des exercices et des évaluations.

Elle vise à rendre les apprenants totalement autonomes dans leurs apprentissages.

#### **Comment allons nous travailler les statistiques descriptives avec l'IA ?**

Vous allez utiliser des IA pour faire vos recherches comme un wiki approfondi, pour préparer votre plan de cours, pour créer et corriger des exercices, pour trouver des ressources et citer vos sources ...

#### **Pourquoi utiliser l'IA ?**

- 1) Pour apprendre à utiliser une IA de façon raisonnée et en exerçant un regard critique. Le chapitre sur les statistiques s'y prête bien car la majorité des notions de chapitre ont été étudiées au collège.
- 2) Pour participer à une expérimentation dans le cadre du laboratoire Maths et Numérique du Lycée International.

#### **Quelles sont les contraintes ?**

Ce travail est à faire en groupe. Vous devrez rendre un cours complet et sans erreurs mathématiques sur les statistiques descriptives, une interrogation écrite sur 10 points (barème détaillé) avec la correction à part. Vous devrez aussi préparer une feuille d'exercices de difficultés croissantes avec les corrigés.

Au moins une démonstration doit être présente dans le cours ainsi qu'un exercice d'algorithmique ou de programmation.

Vous pouvez, si vous le souhaitez, ajouter un TP, des activités découvertes, ...

### Quelques conseils:

- 1) Dialoguer avec votre IA, la première réponse n'est pas forcément très précise ni rigoureuse. N'hésitez pas à lui dire qu'il s'est trompé ou lui demander de reformuler sa réponse.
- 2) Travailler avec un support commun (vous pouvez tout utiliser : word, google docs, vidéo, power point, prezi ...) mais pensez à convertir les fichiers en pdf.
- 3) Votre projet doit être facile à lire : ajouter des images, tableaux, graphiques...
- 4) N'oubliez pas de citer vos sources !

### Comment serons-nous évalués ?

Vos cours seront regroupés et montés pour faire UN cours complet pour les deux classes de seconde.. J'y ajouterai quelques éléments s'ils sont manquants.

Temps de travail pour ce projet : environ 6h

Vous aurez une note sur 10 coefficient 0,5 sur la partie projet (voir grille d'évaluation ci-dessous) et une interrogation écrite reprenant des questions de vos évaluations.

Noms :	Cours complet	cours attrayant	qualité de l'interrogation	respect des contraintes	Total
	/5	/1	/3	/1	/10

Afin de mesurer l'apport de l'ia dans ce travail, il nous a fallu faire travailler certains groupes sans l'ia. On fournissait à ces groupes le programme officiel, ainsi que divers manuels de mathématiques. Ils pouvaient aussi aller sur internet, mais sans se faire aider officiellement par un assistant d'ia (ce qui en soit oblige à se questionner sur ce que sont en train de devenir internet et tout navigateur relié).

Suite au questionnaire donné aux élèves, nous avons été en mesure de produire les analyses suivantes:

- \* 91% des élèves participant avaient déjà utilisé une ia avant le projet.
- \* Les élèves qui ne devaient pas utiliser l'IA ont été déçus de ne pas pouvoir s'emparer et tester cet outil. Ils pensent, en majorité, que l'IA leur aurait fait gagner du temps.
- \* Ceux qui ont utilisé l'IA disent qu'elle a facilité le travail de recherche mais qu'il fallait toujours vérifier les réponses et faire attention aux formulations. C'était aussi amusant et stimulant.
- \* Les élèves ont principalement utilisé l'IA de la manière suivante :
  - présentation du projet, du groupe et contexte
  - questions générales, puis de plus en plus précises.

L'IA a été utilisée "comme si c'était un prof" ou "comme un assistant".

Pour résumer, les élèves ont utilisé l'IA pour approfondir, clarifier et préciser certaines notions. Ils ont été autonomes et ont trouvé l'expérience plus engageante. Utiliser cet outil n'a pas été complexe.

### I-2-b) Création d'un quizz de fin de chapitre en 1<sup>ère</sup> assisté ou non de l'ia.

Nous avons voulu confronter nos élèves de 1<sup>ère</sup> à l'outil IA en fin de chapitre sur la dérivation globale. L'idée était de leur faire générer un quizz de fin de chapitre, testant toutes les compétences à maîtriser du chapitre (que nous leur avons rappelées, un bon moyen aussi de leur faire prendre conscience de ce qu'ils devront savoir-faire pour le vrai test de fin de chapitre) : en cinq questions, ce quizz devait y parvenir, en proposant 4 affirmations dont une seule devait être vraie.

Ils avaient la possibilité d'utiliser une IA ou pas. Cette activité a été évaluée selon les critères suivants :

- Variété des compétences évaluées dans le quizz.
- Respect des notations, précision du langage utilisé.
- Respect du cahier des charges : 4 propositions de réponse dont une seule exacte.

Voici quelques exemples de questions conçues par nos élèves :

② Soit  $f: x \mapsto \frac{4x^3+8x-3}{6x+5}$ , Pa de dérivée ?

*est quasi indépendant*  
*est proportionnel ?*  
*est monotone décro.*

A.  $\forall x \in \mathbb{R} \setminus \{-\frac{5}{6}\}$

B.  $f'(x) = \frac{48x^3 - 60x^2 + 58}{(6x+5)^2}$

C.  $\forall x \in \mathbb{R} \setminus \{-\frac{5}{6}\}$

D.  $f'(x) = \frac{48x^3 - 60x^2 - 22}{(6x+5)^2}$

③ Soit  $h(x) = 6\sqrt{4x+3}$

2) La fonction  $g(x) = 5\sqrt{2x+5}$  est...

a) dérivable sur  $\mathbb{R}^{**}$

b) définie sur  $]-\frac{5}{2}; +\infty[$

c) dérivable pour  $x > -\frac{5}{2}$

d) définie sur  $\mathbb{R}$

2) Déterminer l'ensemble de dérivabilité de la fonction suivante :  $f(x) = 3\sqrt{6x+1}$

A)  $\mathbb{R}$

B)  $\mathbb{R}^{**}$

C)  $]-\frac{1}{6}; +\infty[$

D)  $]-\frac{1}{6}; +\infty[$

3) Trouver le sens de variation de la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  :  $f(x) = 3x^3 + 12x - 5$

A) La fonction  $f$  est croissante sur  $]-\infty; 0[$  et décroissante sur  $]0; +\infty[$

B) La fonction  $f$  est croissante sur  $]-\infty; 2[$  et décroissante sur  $]2; +\infty[$

C) La fonction  $f$  est croissante sur  $]-\infty; 2[$  et décroissante sur  $]2; +\infty[$

D) La fonction  $f$  est croissante sur  $]-\infty; 7[$  et décroissante sur  $]7; +\infty[$

Question 2:

Soit  $h(x) = x^2 - 3x + 2$ . Quelle est l'équation de la tangente à la courbe de  $f(x)$  en  $x = 1$  ?

a)  $y = -2x + 3$

b)  $y = x - 2$

c)  $y = 2x + 3$

d)  $y = x^2 - 3x + 2$

*Attention bonne réponse*

3. soit la fonction  $g(x) = x^4 - 4x^3 + 2x^2 + 1$

sa dérivée  $g'(x)$  est :

a)  $4x^3 - 12x^2 + 4x$

b)  $3x^4 - 8x^3 + 2x^2$

c)  $4x^3 - 12x^2 + 4x^2$

d)  $4x^3 + 12x^2 + 4x$

4. le tableau de variation de la fonction est :

a.  $x$  :  $-\infty$   $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$   $0$   $\frac{3+\sqrt{5}}{2}$   $+\infty$

$g(x)$  :  $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$

b.  $x$  :  $-\infty$   $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$   $0$   $\frac{3+\sqrt{5}}{2}$   $+\infty$

$g(x)$  :  $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$

d.  $x$  :  $-\infty$   $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$   $0$   $\frac{3+\sqrt{5}}{2}$   $+\infty$

$g(x)$  :  $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$   $\searrow$   $\nearrow$

Suite au questionnaire donné aux élèves, nous avons été en mesure de produire les analyses suivantes:

- \* Avant cette séance, seulement 32% des élèves interrogés avaient utilisé une ia pour s'aider en mathématique.
- \* Concernant l'aide apportée à la création de la séance, les avis sont partagés: un tiers des élèves s'est senti bien aidé, un autre tiers peu aidé, et un autre tiers retardé ou pas aidé du tout.
- \* Suite à cette séance, 55% des élèves interrogés ne projettent pas d'utiliser l'ia pour s'aider en mathématique, quand environ 15% projette de l'utiliser davantage.
- \* Concernant la question de la protection des données personnelles, 91% des élèves déclarent ne pas savoir ce que signifie l'acronyme RGPD.

Notre point de vue d'enseignant:

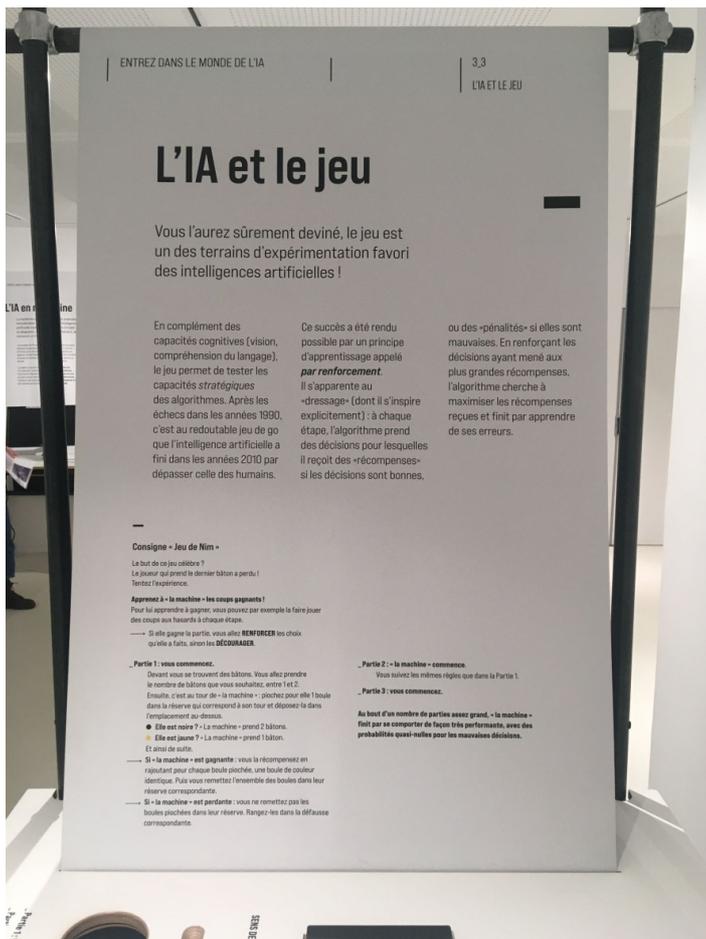
En 1<sup>ère</sup>, les élèves possèdent majoritairement un compte sur une IA, principalement sur ChatGPT. Mais ils sont encore peu à être prêts à s'en servir pour les aider en spécialité mathématique, s'étant confrontés à des réponses parfois fausses, ou encore non adaptées à l'enseignement des mathématiques à la Française. Ils ont ainsi pu mesurer que la culture dans laquelle a baigné son entraînement la biaise automatiquement : beaucoup de propositions de questions faisaient intervenir les fonctions exponentielles ou logarithme, en premier lieu, fonctions non encore étudiées en janvier d'une année de 1<sup>ère</sup> en France.

Sur un aspect beaucoup plus proche de notre enseignement des mathématiques, nous avons la conviction que cette activité "renversée" a permis à une majorité d'élèves de se questionner sur la langage mathématique, le bon usage des symboles, afin de formuler leur question de la manière la plus intelligible. Si ce n'est pendant la séance en tant que telle, au moins en lisant les commentaires que nous leur avons fait remontés via notre correction de séance.

## II) Une installation débranchée : faire comprendre un mécanisme d'apprentissage machine via le jeu de Nim (pour le forum des innovations pédagogiques, mai 2024).

Je reviens sur une installation que nous avons construite spécialement pour le forum (merci encore à Guy Anseume pour ses idées lumineuses, sa disponibilité et ses compétences de bricoleur qui font toujours merveille). C'est une copie de celle qui pouvait se visiter au musée Poincaré de Paris, jusqu'au 6 avril 2024 à l'occasion de l'exposition sur l'IA qui s'y tenait. Le principe était de faire comprendre le principe d'apprentissage par renforcement d'une IA, autour d'un jeu de Nim simple à huit allumettes. Certains de nos élèves de seconde et de 1<sup>ère</sup>, préalablement *entraînés*, ont animé ce stand auprès de nombreux visiteurs, souvent incrédules quand on leur demandait de jouer pour la machine... Je remercie également mon stagiaire en observation, Aubin Marcon, qui nous a bien épaulé tout au long de cette journée.

### Principe de l'installation : photos prises au Musée Poincaré



Notre stand sur le forum (et notre table à jouer) :



Une personne joue contre la machine, qui ne connaît pas la stratégie gagnante: à chaque partie jouée, la machine apprend, que ce soit par un échec ou par une victoire. Concrètement, les urnes de décision voient leur composition changée au gré des parties jouées. Nous en jouons deux ou trois, puis grâce à un petit programme traduisant ce processus, nous simulons une cinquantaine de parties jouées. Nous adaptons la composition des urnes aux résultats de ces simulations, puis nous refaisons jouer une personne contre cette machine enrichie par l'apprentissage des cinquante parties simulées. Et c'est à cet instant, quand c'est elle qui commence à jouer (seule position de départ permettant la mise en œuvre de la stratégie gagnante), que cette expérience montre tout son intérêt : elle gagne presque à chaque fois dans ces conditions, autrement dit, elle a "appris", en un très faible nombre de parties jouées, la stratégie gagnante.

A ce stade, les personnes présentes sur le stand, après avoir observé les parties jouées, après avoir réfléchi au jeu de Nim en lui-même, déportent leur réflexion sur ce qui vient de se passer sous leurs yeux, et de manière très simple finalement : un apprentissage machine! Que l'on pourrait mettre en œuvre aussi simplement pour un tas d'autres jeux.

En tant qu'animateur de ce stand, je ne peux que recommander d'en faire faire l'expérience au plus grand nombre. Cette table à jouer est disponible dans nos locaux (à Saint-Germain-en-Laye) et elle peut faire l'objet d'un prêt inter-établissement. Ne pas hésiter à m'écrire si cela vous intéresse (Vincent.Madiot@ac-versailles.fr).

Cette journée du forum, plus globalement, s'est conclue par une conférence faisant débattre trois intervenants : Jean-Gabriel Ganascia, philosophe, professeur émérite à la faculté des sciences de la Sorbone, Cléo Collomb, docteure en philosophie, maîtresse de conférence à l'université de Paris Saclay et Maurice N'Diaye, PDG de l'entreprise d'intelligence artificielle Descartes & Mauss. Près de 200 personnes étaient présentes à la conférence. Des échanges passionnant ont eu lieu sur l'origine de l'IA, l'IA et les thèmes sociétaux, cybersécurité, développement durable... Cette conférence, menée par M. Emy, professeur de philosophie, a fait partie du cycle de conférences Parlons Humanités.

Parce qu'aborder l'IA dans notre pratique n'entraîne pas qu'une compréhension technique de l'IA et nous oblige à réfléchir en dehors du domaine des maths ou des sciences et d'avoir un questionnement philosophique, sociologique ou économique, ce type de conférence apporte quelques pistes bien utiles pour comprendre la période charnière que nous vivons, exaltante certes mais aussi source de peurs légitimes. Le laboratoire maths a aussi permis ces échanges et cette ouverture.

# III) Conclusions et pistes de réflexion pour le futur.

---

Il est frappant de consulter les réponses d'élèves de 6<sup>ème</sup> au questionnaire faisant suite à l'activité informatique. Quand un simple programme de calcul « renversé » est assimilé à de l'IA par beaucoup, alors que d'autres parlent de calculatrice, ou de simple programme de calcul inversé, renversé... Mais à cet âge, n'ont-ils pas tous raison, finalement ? Bien sûr, certains font déjà plus le tri entre outils numériques disponibles et arrivent mieux à classer les technologies, ne parlant pas d'IA quand il s'agit d'une simple suite de calcul, quand les autres assimilent cela directement à de l'IA, en rangeant dans cette appellation toute technologie leur paraissant produire des résultats *magiques, intelligents* en réponse à une question posée. Mais, est-il faux d'appeler une calculatrice une intelligence artificielle ?

Au lycée, les élèves ont pris conscience des limites d'une IA générative non dédiée, et non entraînée sur des textes proches de leur contexte, tout en reconnaissant qu'en nourrissant un dialogue ciblé, parfois laborieux, des conclusions enrichissantes pouvaient être générées. Mais cela risque d'évoluer très rapidement quand des IAs spécialisées, entraînées pour un enseignement des mathématiques à la française, verront le jour. Et on sait aujourd'hui que ces projets sont d'ores et déjà sur les rails.

L'installation débranchée présentant une méthode d'apprentissage par renforcement autour du jeu de Nim, et présentée lors du forum, a eu beaucoup de retours positifs : les élèves comme les adultes étaient le plus souvent très surpris qu'une machine puisse apprendre si vite, et réussir à déceler une stratégie gagnante après si peu de parties jouées (une cinquantaine de parties simulées par ordinateur). Nous serions heureux de prêter cette installation avec tout établissement que ça pourrait intéresser.

L'an prochain, nous souhaitons également agréger d'autres établissements au travers de rencontres, de visites et/ou de projets communs. Une piste que nous avons commencée à creuser concerne la création de décors pour la mise en scène d'un spectacle d'ampleur, la comédie musicale *Starmania*, qui se montera au lycée international en avril 2025.

Nous tenons à remercier Madame Gufflet et Monsieur Agostino pour leur soutien et leur bienveillance cette année, ainsi que pour l'invitation à la journée des laboratoires, journée très réussie faite de rencontres riches et au cours de laquelle nous avons pu entendre deux conférences passionnantes. L'une des ambitions pour l'année prochaine est de faire venir la compagnie Chant de balle au lycée international.

A titre personnel, je remercie sincèrement tous les membres du laboratoire de cette année pour leur implication, leur dynamisme et leur soutien. Travailler en équipe et réfléchir ensemble me fut très précieux.

Vincent Madiot,

pour le laboratoire mathématique du lycée international de Saint-Germain-en-Laye.

Année 2023/2024