

L'enseignement et la recherche scientifique en mathématiques et l'intelligence artificielle: opportunité ou menace?

Teaching and scientific research in mathematics: opportunity or threat

Moultaki HLAL

Professeur à la faculté des sciences juridiques, économiques et sociales de Mohammedia. Maroc.

Résumé:

L'intelligence artificielle, IA, présente des solutions pour les mathématiques, comme pour d'autres domaines, soit en recherche scientifique ou en enseignement, mais parfois ces solutions sont considérées et dans les deux cas comme ennuyeuses à l'esprit des mathématiques ; dans ce travail on va essayer de soulever les causes de ce paradoxe.

Mots clés: Intelligence artificielle, mathématiques, recherche scientifique, enseignement.

Abstract:

Artificial intelligence, AI, presents solutions for mathematics, as for other fields, either in research or teaching, but given the specificity of mathematics, these solutions are considered and in both cases as boring in the image of mathematics. In this work, we will try to identify the causes of this paradox.

Key-words: Artificial intelligence, mathematics, teaching, scientific research.

Introduction:

L'ère de l'intelligence artificielle, IA, tel est le qualificatif de notre ère ; il n'y a pas un domaine de la connaissance qui échappe à ces algorithmes permettant à des machines de simuler l'intelligence humaine ; apprendre, prédire, jouer, organiser des tâches, prendre des décisions, résoudre des problèmes,...; on en trouve partout ; administration, business, médecine, armement, finance, ingénierie et toutes les sciences, biologie, chimie, physique, archéologie, mathématiques,...etc.

Dans notre travail on va essayer de voir ce que peut apporter l'IA à l'enseignement et à la recherche en mathématiques ; et répondre à la question: est ce que l'IA présente une opportunité ou une menace pour l'enseignement et la recherche en mathématiques ?

Avant de commencer, il est nécessaire de faire un aperçu historique sur l'évolution de l'IA et que les mathématiques étaient au cœur de cette invention.

L'histoire de l'IA a commencé en 1950 avec les travaux du mathématicien britannique A. Turing, sur les ordinateurs autonomes, introduisant à l'occasion la notion de machine intelligente, selon lui une machine est intelligente si un humain dialoguant avec elle, ne peut savoir si c'est une machine ou un être humain. (Ford & Hayes, 1998) ; ce n'est qu'en 1956 que le logicien américain Mc Carthy a introduit le terme d'intelligence artificielle dans un rapport de projet qui porte sur l'étude des facultés cognitives humaines à travers des machines ; dans la même année le premier programme d'IA appelé le Logic theorist, développé par deux mathématiciens américains, A. Newell et H. Simon, capable de produire un raisonnement automatique, ce système réussit à prouver 38 théorèmes des Principia Mathematica de B. Russell et A. N. Whitehead ; après ils conçoivent le General Problem Solver, résolveur universel de problèmes, capable théoriquement de résoudre n'importe quel problème formalisé, des mathématiques aux échecs, ce qui a abouti en 1997 à l'exploit de l'ordinateur Deep Blue d'IBM, qui a battu le champion du monde des échecs G. Kasparov. Pour les autres recherches sur les réseaux de neurones et l'apprentissage automatique allaient faire un grand bond après l'apparition de l'internet et la disponibilité des données massives, Big-Data.

Après cet aperçu historique qui met en évidence la relation dialectique ou si on le veut parentale entre les mathématiques et l'intelligence artificielle, cette relation on va l'étudier

Selon deux volets l'enseignement et la recherche:

1- L'enseignement des mathématiques et L'IA

Dans ce domaine basé sur l'interaction entre apprenant et enseignant, on se demande ce que peut apporter l'IA.

L'expérience vécu lors du confinement COVID19, a montré que les technologies d'informations étaient d'un grand secours pour maintenir les institutions de l'enseignement en marche, malheureusement l'enseignement à distance n'a pas donné les résultats escomptés ; expériences à l'appui, d'abord les résultats des évaluations étaient biaisés, il y'avait des dépassements car les étudiants n'étaient pas sous contrôle, aussi, les notions enseignées n'étaient pas bien assimilées, ceci a été remarqué lors des épreuves orales des concours de Master quelque années plus tard: des étudiants qui ont obtenu leurs licence étaient incapables

d'inverser une matrice ou même de donner les étapes de la diagonalisation d'une matrice et beaucoup d'autres carences encore ont été soulevées.....

Une autre remarque et dans un autre volet, concernant l'utilisation par les étudiants des calculatrices programmables, par exemple pour inverser une matrice ou pour chercher l'allure de la courbe d'une fonction, cet outil donne à l'étudiant le résultat, mais pas plus, c'est-à-dire la partie du calcul ou du raisonnement est cachée, et c'est exactement ce qui se passe lors de la résolution d'un problème par un programme de l'IA, même si ce programme donne la résolution, elle ne sera pas complète, il y'a toujours des parties cachées de la preuve, des boîtes noires en quelque sorte ; or la démonstration ou la preuve en mathématiques est plus importante que le résultat final, c'est la partie essentielle pour former l'esprit du raisonnement et de la logique chez l'étudiant ou l'élève, à ce propos le mathématicien et professeur français G. Polya écrivait dans son livre (Comment poser un problème et le résoudre):

« Il est nécessaire d'en venir peu à peu à des questions de plus en plus précises, pour que l'élève ou l'étudiant puisse prendre la plus grande part possible au travail. Cette méthode n'a rien de rigide, et c'est bien ce qui en fait l'intérêt, car dans le domaine de l'enseignement, tout système mécanique pédant est obligatoirement mauvais » (Polya, 1957, p. 25).

En classe, l'enseignant doit soulever les difficultés devant les étudiants leurs apprendre, la détermination, la persévérance, le stress face à une difficulté, les encourager pour essayer de contourner les questions ci cela ne marche pas de façon directe, bref, c'est tout le mélange de ce qu'on vient de citer qui pousse un apprenant à progresser.

Les outils de l'IA peuvent apporter beaucoup à l'enseignement, surtout pour faire disparaître les inégalités entre les pays ou même entre les régions d'un même pays, mais en aucun cas, ils ne doivent remplacer le facteur humain ; l'IA est un outil utile et l'enseignant est indispensable et il ne faut pas sacrifier l'indispensable pour l'utile, et comme l'a indiqué récemment le secrétaire général des nations unies A. Guteress dans une allocution à l'occasion de la journée mondiale de l'éducation:

« L'intelligence artificielle ne doit en aucun cas remplacer les composantes humaines de l'éducation et que les composantes de l'IA doivent servir, apprenant et enseignant, pour l'accès à l'information, à des programmes d'enseignement de pointe et à d'autres outils d'apprentissages » (A. Guteress, 2025).

2- L'IA et la recherche en mathématiques.

Dans le domaine de la recherche en mathématiques pures, l'histoire avec l'IA a commencé un peu tôt, c'était en 1976, deux mathématiciens K. Appel et W. Haken avaient démontré la conjecture des quatre couleurs (rappelons qu'une conjecture en mathématique est un énoncé qui est vérifié pour n'importe quel exemple, mais qui n'est pas démontré) ; ce problème de topologie datait de 1852, son énoncé est simple: quatre couleurs suffisent pour colorier une carte sur un plan ou sur une sphère ; les conditions sont: Deux pays limitrophes ne peuvent pas être de la même couleur, de plus un pays ne doit avoir qu'une seule composante connexe (un pays composé de deux territoires ou plus qui sont disjoints, est compté comme deux pays ou plus). De grands mathématiciens ont vu leurs tentatives pour sa résolution échouer pendant plus d'un siècle. La surprise choquante pour la communauté mathématique était que derrière cette démonstration

il n'y avait pas une idée ingénieuse ou une invention de nouveaux outils mathématiques, leurs travail consistait à faire des réductions pour transformer le problème en des milliers de cas et les faire passer par ordinateur l'un après l'autre !!!

Le choc était tellement fort jusqu'à pousser le philosophe S. Tymzcko à écrire:

« Si nous acceptons le théorème des quatre couleurs comme un théorème, nous sommes tenus de changer le sens de "théorème", ou davantage que cette question, changer le sens du concept "démonstration" » (P. J. Davis & R. Hersh, 1986, P. 373).

Du point de vue philosophique, l'emploi de l'ordinateur comme partie essentielle de la démonstration implique un affaiblissement des normes de la démonstration mathématique.

Un deuxième exemple très récent et qui date de 2021, quand des chercheurs de Google.Deep-Mind, appartenant aux universités de Sydney (Australie) et oxford (Royaume-Uni) expliquent comment ils ont utilisé des outils de l'IA pour résoudre un problème de la théorie des nœuds, une théorie de la topologie qui étudie les manières d'entortiller une corde. Une des questions importantes mais difficiles est de distinguer deux nœuds, quand on colle les deux bouts de la corde, deux nœuds sont différents, si on ne peut pas passer de l'un à l'autre sans couper la corde. Pour les distinguer les mathématiciens ont inventé des caractéristiques appelés invariants (C. Mauger, 2025).

Pour résoudre ce problème, ces chercheurs ont entraîné un modèle de l'IA sur une base de données de deux millions de nœuds dotés de deux invariants, la mission de l'ordinateur était de trouver l'un des invariants si on lui donnait l'autre, chose qui a été bien réussie.

Malgré ce succès, la réticence demeure dans la communauté des mathématiciens à propos de ce genre de preuve, pourquoi ? Parce que ce genre de démonstration ne va pas enrichir les mathématiques, en effet, plusieurs branches de mathématiques n'existaient pas au début du XXème siècle, tel la géométrie algébrique, la topologie algébrique, la théorie des schémas, les courbes elliptiques,.....etc, toutes ces branches ont été développées pour résoudre les célèbres 23 problèmes de D. Hilbert, donc l'esprit mathématique se comporte de cette manière, pour résoudre un problème on essaie de le contourner, de le transformer en un autre équivalent jusqu'à introduire de nouveaux objets capables de faciliter la réponse, bref les mathématiques se sont enrichies de cette manière ; une autre raison du refus de mathématiciens de l'introduction de l'IA dans les démonstrations, puisque les machines peuvent commettre des erreurs, le programme lui aussi peut contenir une erreur, et tous ceci va fragiliser la vérité mathématique.

En conclusion et comme on vient de voir, les modèles de l'intelligence artificielle, IA, peuvent servir les mathématiques, que ce soit en enseignement ou en recherche, mais il faut les utiliser dans certaines limites, sinon on risquerait de détruire les mathématiques.

Références citées:

Davis. P. J & Hersh. R (1986): L'univers mathématique, Gauthier-villars Bordas, Paris.

Ford. K & Hayes. P (1998): L'intelligence artificielle, pp. 158-163, Revue Pour la science,

Volume (numéro) spécial, intelligence.

Guteress. A (2025): Allocution à l'occasion de la journée mondiale de l'éducation, Telquel, Volume (numéro) 1117.

Mauger. C (2025): Les théorèmes à l'heure de l'innovation algorithmique, pp 46-48, Science et Avenir, Volume(numéro) 935.

Polya. G (1957): Comment poser et résoudre un problème, Dunod, Paris.