[INTELLIGENCE ARTIFICIELLE]

SACHA BRUMAIRE : *ORIENTATION MATHEMATIQUE DE TYPE NOUVEAU*

INTRODUCTION

Les mathématiques connaissent **un séisme majeur et irréversible**. En quelques mois, les systèmes d'intelligence artificielle [IA] sont passés de la résolution ponctuelle de problèmes ouverts à une capacité de production mathématique qui atteint désormais des secteurs entiers de la recherche. Il serait pourtant vain de chercher à transformer ce constat en prophétie. Personne ne sait exactement ce qui vient. Federico Garcia Lorca disait que l'imagination est pauvre et la réalité riche : dans la séquence présente, cette pauvreté de l'imagination se manifeste chaque semaine, lorsque ce qui paraissait encore improbable devient un fait auquel il faut soudain se mesurer.

Le point n'est donc pas de prédire l'avenir des mathématiques. Il est de déterminer **ce qu'un mathématicien peut tenir aujourd'hui**. Une telle séquence appelle **une intellectualité mathématique** : un travail par lequel les mathématiciens réfléchissent ce qui arrive à leur propre pensée et tentent d'en tirer une orientation. S'**il existe désormais des mathématiques de type nouveau**, parce que les rapports entre hommes, machines, calculs, preuves et concepts sont en train de changer de nature, alors l'intellectualité capable d'en répondre doit elle-même devenir de type nouveau.

En tant que mathématiciens, nous héritons de la longue histoire des mathématiques, de son intellectualité, de ses institutions, de ses manières de travailler et de ses conceptions de la preuve. Si cela ne nous dit pas à l'avance **comment habiter la situation qui s'ouvre**, cela constitue néanmoins une confiance dans le travail mathématique pour se situer et intervenir.

Il faut donc conjuguer deux dispositions que Jan Myrdal tenait ensemble : une conscience tragique de ce qui est en train de se perdre et un optimisme de long terme quant aux possibilités qui peuvent surgir de cette perte. Rien n'est plus nuisible qu'un optimisme à bon marché ; mais rien également n'est plus stérile qu'un désespoir qui prendrait l'effectif pour la totalité du possible.

Nous procéderons en **trois temps** :

1) d'abord **une généalogie** volontairement resserrée : centrée au point de réel qui rend désormais toute interprétation nécessaire et aux nouvelles possibilités ouvertes qui se dégagent des faits ;
2) ensuite une analyse du déplacement produit par l'IA dans **la dialectique interne des mathématiques entre raison et calcul**, entrainant la caractérisation d'une intelligence mathématique de type nouveau ;
3) enfin, à partir de cette hypothèse et au milieu d'une tourmente ne nous laissant pas voir les coordonnées globales des mathématiques de demain, nous avancerons une orientation : celle d'**un courage mathématique** capable d'endurer les temps qui viennent en tenant des points.

1. GENEALOGIE

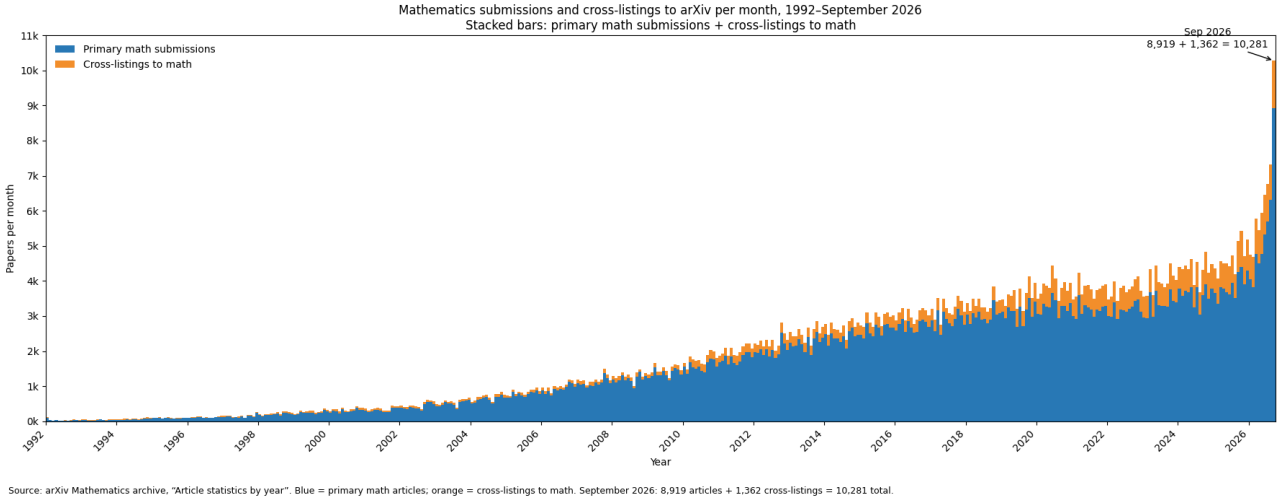
En quelques mois, les systèmes d'IA sont passés de la résolution de problèmes ouverts relativement circonscrits à la production de centaines de résultats de premier plan touchant l'ensemble du monde des mathématiques.

Ceci a engendré un questionnement sur **la finalité de la discipline**.

La généalogie *possibilisante* qui suit a pour fonction de rendre compte de façon critique de l'origine et la genèse de la situation actuelle en mathématiques du point de ses possibilités et de la vitesse de son déplacement.

Le point de réel sur la situation

Au 1er octobre 2026, le bilan est désormais clair. Nous assistons à une véritable explosion de soumissions arXiv en mathématiques [1] - la croissance exponentielle observée jusqu'à ce jour est sans appel comme on peut le voir dans la figure suivante :



La série historique ci-dessus ne suffit évidemment pas à dire ce que valent ces textes ni quelle part exacte revient à l'usage d'IA. Cependant ce point de réel indique un certain nombre de faits :

- **Une accélération spectaculaire à partir de juillet 2026.** Le nombre de soumissions mathématiques sur arXiv connaît une hausse brutale durant l'été 2026. Cette accélération coïncide temporellement avec la mise à disposition générale de GPT-5.6 Sol le 9 juillet.
- **Des ordres de grandeur inouis.** Le seul mois de juillet 2026 enregistre davantage de soumissions mathématiques que l'ensemble de l'année 2002. Plus frappant encore, les soumissions effectuées entre le 1er et le 3 septembre 2026 dépassent à elles seules le total annuel enregistré en 1996. La journée du 24 au 25 septembre enregistre environ mille soumissions. Finalement, le mois de septembre comptabilise un nombre total de soumissions (math+crosslistings) dépassant le seuil symbolique des 10 000.
- **La saisonnalité traditionnelle semble elle-même perturbée.** Les mois d'août sont habituellement marqués par une diminution des dépôts, correspondant au ralentissement estival de l'activité académique. Cette baisse n'apparaît pratiquement plus en août 2026.
- **L'accélération des capacités rend toute tentative de bilan de la situation rapidement obsolète.** À la fois :
    - **Objectivement** : les possibilités offertes aux chercheurs changent désormais sur une échelle de quelques semaines ou de quelques mois, et l'évolution des capacités de l'IA a un impact immédiat sur les pratiques mathématiques dont il devient donc difficile de déterminer les paramètres.
    - **Subjectivement** : parce que cette accélération rend particulièrement difficile pour chaque chercheur de décider durablement quelle place donner à l'IA et à son effort individuel dans son propre travail.

La généalogie ci-dessous va avoir comme point de repère les questions : comment en sommes-nous arrivés là ? Comment la communauté scientifique a réagi par rapport à cette réalité ? Quelles initiatives et décisions ont été avancées par rapport à cette situation ?

[1] ArXiv est une plateforme internet (gérée par l'université Cornell) de partage et de pré-soumission d'articles scientifiques. C'est une prépublication avant évaluation par les pairs.

Janvier-juin 2026 : la genèse

- **Janvier — problèmes d'Erdős n°728 et 729.** Des systèmes d'IA produisent des résolutions nouvelles accompagnées de formalisation Lean [2]. L'épisode compte moins par le prestige intrinsèque des problèmes que par le régime qu'il annonce : l'IA entre dans la scène mathématique en participant à la production d'une résolution nouvelle ainsi qu'à la formalisation de cette dernière.
- **20 mai — contre-exemple à la conjecture d'Erdős sur les distances unités.** OpenAI annonce qu'une IA interne a construit un contre-exemple à une conjecture centrale d'un sous-domaine mathématique. [3]
- **2 juin — Déclaration de Leiden.** Une initiative académique tente de fixer des coordonnées institutionnelles qui vont revenir tout l'été : transparence des usages, responsabilité humaine, attribution, vérifiabilité indépendante et autonomie de la communauté dans le choix de ses problèmes et de ses méthodes. [4] À ce stade, la bascule est encore lisible comme changement en cours de statut de l'IA : elle est en train de passer d'assistant de preuve à agent de découverte. Ce cadre va devenir insuffisant en quelques semaines comme on va très vite le voir.

Juin-août 2026 : le choc

- **19 juillet — contre-exemple à la conjecture jacobienne en dimension 3.** Levent Alpöge, avec l'IA Claude Fable 5, exhibe un tel contre-exemple. Deux jours plus tard, Terence Tao publie une « digestion » du résultat : non plus pour établir sa validité, mais pour rendre compréhensible l'idée mathématique sous-jacente. [5]
- **1er août — dix avancées rendues publiques par OpenAI.** OpenAI rend publics dix résultats obtenus par une version interne de son modèle Astra. Ce sont tous résultats centraux. Ainsi l'annonce rend pour la première fois plausible, à coût de calcul plus accessible, une production sérielle de résultats de recherche dans plusieurs domaines. [6]
- **10 août — amélioration d'une borne sur les zéros de la fonction zêta.** Un système IA multi-agents piloté par un mathématicien employé d'Anthropic, lancé dans une tentative de travail sur l'hypothèse de Riemann, améliore de manière inattendue une borne classique : la proportion de zéros non triviaux connus comme simples et situés sur la droite critique dépasse 67 %. Le résultat est communiqué par Levent Alpöge et Ralph Furman. [7]
- **2 septembre — simplification humaine de la preuve.** Youness Lamzouri obtient le même seuil par un argument plus court et conceptuellement plus direct. Cet évènement est décisif en ce qu'il rend effective la possibilité que les résultats issus d'une IA soient porteurs d'idées fructueuses pour les mathématiciens. [8]

Septembre 2026 : la turbulence

Septembre concentre en quelques semaines des résultats qui auraient auparavant nécessité plusieurs années de travaux institutionnels.

- **4 septembre — formalisation complète du dernier théorème de Fermat en Lean.** Anthropic annonce une formalisation de bout en bout produite par l'IA Claude, avec une intervention humaine décrite comme limitée à des consignes de haut niveau. En onze jours, Claude produit environ 14 millions de lignes de Lean ainsi que des dizaines de milliers de théorèmes intermédiaires pour y parvenir.

---

[2] Lean est un langage de programmation qui formalise les preuves mathématiques et par là permet de les vérifier. https://fr.wikipedia.org/wiki/Lean_(assistant_de_preuve)

[3] OpenAI, « *An OpenAI model has disproved a central conjecture in discrete geometry* », 20 mai 2026.

[4] « *Leiden Declaration on Artificial Intelligence and Mathematics* », 2 juin 2026.

[5] « *The membrane — three corners, one destination* », Jacobian Conjectures, 19 juillet 2026 ; Terence Tao, « *A digestion of the Jacobian conjecture counterexample* », 21 juillet 2026.

[6] OpenAI, « *Ten advances in mathematics and theoretical computer science* », 1er août 2026.

[7] Anthropic, « *Learning more about Claude's mathematical capabilities* », 10 août 2026.

[8] Youness Lamzouri, « *A new proof that more than 2/3 of the zeros of the Riemann zeta function are simple and on the critical line* », arXiv:2609.02882.

L'annonce devance brutalement, sous le seul critère de la formalisation terminale, un chantier humain et collectif que Kevin Buzzard dirige depuis 2024 et qui est financé pour cinq ans par l'EPSRC britannique, tout en réutilisant des éléments issus de ce chantier. [9] Le point remarquable est que la motivation d'une telle formalisation visait surtout à construire une bibliothèque mathématique lisible, maintenable et réutilisable en Lean pour la vérification mathématique, plutôt qu'au fait de déterminer si la preuve du théorème était valide, ce qui ne faisait aucun doute.

- **4-12 septembre — le *Mathathon* et l'*Association for Human Mathematics*.** Les organisateurs annoncent un événement attribuant des crédits de calcul à 100 équipes de mathématiciens chargées d'attaquer et de présenter un problème ouvert en quarante heures. OpenAI et Anthropic doivent fournir une part importante des ressources, pour un total annoncé de plus de 2 millions de dollars de crédits de calcul. L'événement devient presque immédiatement un point de cristallisation des désaccords sur la vitesse, les incitations et la vérification de la recherche produite avec des modèles. [10] En parallèle, des appels à rejoindre une *Association for Human Mathematics* circulent, avec des engagements de refus de collaboration avec les entreprises d'IA et de non-publication de textes générés par modèles, auxquels peut s'ajouter un refus d'usage de l'IA pour la recherche elle-même. [11] Suite aux pressions, le *Mathathon* abandonnera en fin de mois les problèmes ouverts comme objectif central pour se tourner vers la simplification de preuves déjà connues mais réputées difficiles.
- **8 septembre — Navier-Stokes et crise du crédit.** OpenAI annonce une résolution par l'IA d'une formulation, spécifique et officielle du Clay Mathematics Institute (CMI), du problème de Navier-Stokes. [12] L'annonce déclenche une controverse d'attribution et de provenance. Le contraste est frappant entre la production de la preuve (qui a été extrêmement rapide) et sa reconnaissance institutionnelle par le CMI[13] (qui revendique la lenteur de son processus d'évaluation). Plus tard, la vérification de la preuve montrera que la formulation langagière de cette dernière diffère (sans remettre en question la validité du résultat) ; mais il reste encore à vérifier rétroactivement sa formulation.
- **11 septembre — « *A Severe Misalignment of AI in Mathematics* ».** Vingt-cinq médaillés Fields pointent un conflit entre les objectifs d'entreprises misant sur la quantité de production et les objectifs mathématiciens reposant sur la qualité de la compréhension et du cheminement vers ce dernier. Attribution, transmission et formation sont également mentionnées comme des objets de conflit. [14]
- **14 septembre – Parution d'un preprint de recherche assisté par IA issu d'une collaboration entre un postoctorant et deux lycéens.** L'article [15] suggère une possibilité profondément positive : l'IA peut **réduire le coût d'entrée dans la recherche et la démocratiser de façon effective**, permettre à de très jeunes étudiants d'interagir beaucoup plus tôt avec des mathématiques contemporaines et, éventuellement, susciter des vocations qui n'auraient pas rencontré aussi rapidement la recherche active. L'acquis s'avère donc significatif : l'IA peut faciliter des collaborations inter-générationnelles et inter-disciplinaires.
- **27 septembre - Jinyoung Park et Michel Talagrand déposent « *AI's solution of Conjecture 9.1* ».** La prépublication explique une preuve obtenue par GPT-6 Astra d'une conjecture formulée antérieurement par Talagrand. Le résumé de l'article affirme qu'un modèle d'IA a fourni une « très belle preuve » ; dans le corps du texte, les auteurs parlent même d'une étape « extraordinairement ingénieuse ». Il ne s'agit donc plus seulement d'attribuer à la machine la correction d'un argument, mais de lui attribuer explicitement une qualité esthétique et conceptuelle. [16] La note finale des auteurs est frappante : aucun des deux auteurs n'en revendique le crédit de la découverte, cette dernière étant générée par GPGT-6 Astra ; le manuscrit est rédigé uniquement comme service rendu

---

[9] Anthropic, « *Formalizing Fermat's Last Theorem* », 4 sept. 2026 ;
Kevin Buzzard, « *The Fermat's Last Theorem Project* ».

[10] Organisateurs du Mathathon, « *A response from Mathathon* », Proofs and Prompts, 10 septembre 2026.

[11] Association for Human Mathematics, « *Members — Membership commitment* »

[12] OpenAI, « *On the Navier–Stokes Millennium Prize Problem* », 8 septembre 2026.

[13] Clay Mathematics Institute : https://www.claymath.org/news/navier-stokes-announcement

[14] Terence Tao, « *A Severe Misalignment of AI in Mathematics* », 11 septembre 2026.

[15] https://arxiv.org/pdf/2609.05341

[16] Jinyoung Park et Michel Talagrand, « *AI's solution of Conjecture 9.1* », arXiv:2609.33644.

à la communauté mathématique et ils ne prévoient pas de le soumettre à une revue. Park et Talagrand séparent explicitement découverte, beauté, explication et crédit. Ainsi, la notion traditionnelle d'auteur se décompose explicitement en fonctions distinctes. L'IA est capable de beauté, et le mathématicien capable de s'émerveiller de ces mathématiques.

- **21-29 septembre — vers des normes transitoires.** L'*Advisory Group on Mathematics and Artificial Intelligence* (AGMAI) est constitué à l'*Institute for Advanced Study* à l'initiative d'OpenAI ; le sommet de Harvard sur la formation doctorale propose d'évaluer plus directement la compréhension des étudiants ; enfin l'AGMAI publie des recommandations sur la diffusion responsable de mathématiques générées par IA. [17]

Un changement irréversible dans la pratique et la pensée mathématiques

- **6 octobre — le plus grand changement d'échelle.** OpenAI publie 722 manuscrits regroupés en 372 familles de résultats, issus d'une campagne sur environ quatre mille problèmes ouverts couvrant dix-sept domaines mathématiques. On y trouve des annonces solutions et/ou avancées dans des conjectures-phare des mathématiques tout comme des résultats moins connus mais centraux de sous-disciplines. Tous les résultats annoncés n'ont pas le même degré de vérification, mais l'objet nouveau devient impossible à manquer : non plus une percée exceptionnelle, mais la possibilité d'une production industrielle de mathématiques capable de casser des programmes de recherche entiers. [18] L'annonce rend manifeste que certaines recommandations de l'AGMAI peuvent être suivies (dépôts publiques, historique des versions, certificats Lean, procédures de citations, informations quant à l'utilisation de l'IA) mais que le choix du sujet de recherche relève de la décision des entreprises d'IA.

La conclusion généalogique peut donc être très courte. **Le seuil d'irréversibilité est franchi**. Les résistances, les réglementations et les choix individuels pourront infléchir les pratiques ; ils ne rétabliront pas le monde antérieur. L'enjeu n'est donc plus de savoir si les mathématiques seront affectées par l'IA, mais de comprendre la nature de cette transformation. C'est à cette tâche qu'est consacrée la seconde partie de cet article : analyser ce bouleversement comme un déplacement interne de **la dialectique** constitutive des mathématiques **entre raison et calcul**, entre l'activité de compréhension, d'invention et de conceptualisation d'une part, et la puissance opératoire des procédures formelles d'autre part.

2. Analyse de la situation actuelle

Ce qui est propre aux mathématiques opposé à l'impact généralisé de l'IA sur la recherche

Il faut d'abord distinguer **deux ordres de problèmes** :

- une partie de la crise appartient à **la transformation générale** du travail scientifique : automatisation de tâches intellectuelles, nouvelle division du travail, difficulté d'attribution, dépendance à des infrastructures couteuses et/ou privées, formation des chercheurs, contrôle des résultats ; à ce titre, les mathématiques ne sont nullement seules ;
- mais les mathématiques pures possèdent **une singularité** qui rend l'irruption de l'IA philosophiquement plus aiguë.

Cette singularité tient d'abord à ce que le développement des mathématiques n'exige aucune confrontation immédiate avec une réalité extérieure. Une théorie physique doit finalement rencontrer quelque chose qui lui résiste : une mesure, une observation, une expérience susceptible de démentir ses prédictions. **Les mathématiques pures**, elles, ne possèdent pas cette confrontation à la réalité physique. Elles peuvent être inspirées par la physique, utiliser des calculs numériques comme instruments heuristiques, ou trouver ultérieurement d'immenses domaines d'application ; rien de tout cela ne constitue cependant la condition de vérité d'un théorème.

---

[17] AGMAI, « Responsible Release of AI-Generated Mathematics », 29 septembre 2026.

[18] OpenAI, « Sharing AI progress in mathematics », 6 octobre 2026.

D'où la question proprement mathématique : si la vérité ne reçoit pas son dernier garant d'une expérience extérieure, quel rapport devons-nous tenir entre preuve, calcul, compréhension et raison ? Une preuve formellement correcte mais qu'aucun homme ne comprend est-elle pleinement incorporée aux mathématiques humaines ? Une théorie peut-elle croître selon une cohérence propre tout en devenant progressivement étrangère à nos formes d'intelligibilité ?

Le problème atteint **les mathématiques comme lieu de pensée**. Une proposition mathématique est vraie en vertu de son inscription dans un système de raisons, de constructions et de démonstrations et par son appropriation dans la pensée par des mathématiciens. Somme toute dans un mouvement dialectique entre raison et calcul. Détaillons ce point.

Mouvement dialectique entre raison et calcul

Partons d'une détermination simple : **la mathématique est une pensée**.

> Dès le XVII[e] siècle, Descartes identifie une tension fondamentale entre les opérations du calcul et les exigences propres de la raison mathématique. Dans la deuxième partie du *Discours de la méthode* (1637), il critique les pratiques algébriques de son temps, dans lesquelles « *on s'est tellement assujetti […] à certaines règles et à certains chiffres qu'on en a fait un art confus et obscur, qui embarrasse l'esprit, au lieu d'une science qui le cultive* » [19]. Descartes relève ainsi le danger inhérent à l'autonomisation des procédures calculatoires : leur puissance opératoire peut se développer au détriment de l'intelligibilité mathématique. Cette critique est d'autant plus significative qu'elle émane de l'un des principaux artisans de l'algébrisation de la géométrie. La tension entre raison et calcul apparaît ainsi constitutive du mouvement même des mathématiques modernes, dont le développement suppose à la fois l'accroissement des possibilités du calcul et leur appropriation par la pensée rationnelle.

Je proposerai de nommer **dialectique de la raison et du calcul** le mouvement interne qui organise cette pensée.

- « ***Raison*** » doit être entendu ici en un sens large : la capacité de discerner une structure, de choisir un problème, d'inventer une médiation, de reconnaître qu'une démonstration possède une idée, d'interpréter un résultat, de changer de point de vue, parfois même de déterminer que les termes mêmes dans lesquels une question était posée doivent être transformés.
- Par « ***calcul*** », nous entendrons toute procédure réglée susceptible d'être décomposée en opérations déterminées : calcul numérique bien sûr, mais aussi manipulation symbolique et algébrique, déduction formelle, recherche combinatoire, application méthodique d'une règle. Le propre du calcul est qu'il est dénombrable dans ses actes. Il avance pas à pas. Mais il ne faut surtout pas l'opposer à la pensée comme la mécanique morte à l'esprit vivant. Lebesgues donne ici la formule décisive : « *Pour un mathématicien, calculer, c'est raisonner*. ».
  Ainsi, le calcul constitue une composante intrinsèque de la pensée mathématique.

La raison mathématique passe dans le calcul, s'y dépose, y acquiert cette rigueur grâce à laquelle une conséquence ne dépend plus de la personne qui l'énonce. En revanche, le résultat du calcul revient vers la pensée ; il peut obliger à reformuler le problème, produire une conjecture inattendue, révéler une structure qui n'avait pas été aperçue, appeler un nouveau langage. Une raison *se donne* un calcul ; le calcul, poursuivi jusqu'à ses conséquences, reconfigure à son tour la raison. C'est ce mouvement que nous appellerons ***dialectique***.

Cette dialectique traverse l'histoire. **Platon** distinguait déjà la pensée qui opère à partir d'hypothèses, la *dianoia,* de celle qui revient sur le statut des hypothèses elles-mêmes. **Descartes** cherchait une méthode où l'enchaînement déductif reçoit son ordre d'une intuition intellectuelle. **Leibniz** rêvait d'un *calculus ratiocinator* capable de convertir les raisons en calculs, mais ce rêve réintroduisait aussitôt la question : qui choisit les caractères, les primitives, les différences pertinentes, autrement dit l'espace dans lequel le calcul devient possible ? **Hegel**, puis **Poincaré**, ont chacun insisté à leur manière sur l'écart entre une succession correcte d'opérations et l'intelligibilité d'une démonstration comme totalité organisée.

La logique moderne déplace encore cet écart. La séparation de la syntaxe et de la sémantique rend possible l'étude autonome de systèmes formels, tandis que Löwenheim-Skolem et Gödel montrent qu'aucun formalisme effectif fixé une fois pour toutes ne peut prétendre absorber la totalité du vrai

---

[19] *Discours de la méthode*, deuxième partie, édition Adam et Tannery, t. VI, p. 17-18)

arithmétique dans la totalité de ses procédures de démonstration. Il serait absurde d'en déduire une supériorité métaphysique de l'homme sur toute machine. La leçon plus précise est qu'**un système calculable devient lui-même objet d'une nouvelle pensée** : nous pouvons interpréter ses limites, lui adjoindre des axiomes, changer de langage, déplacer le problème. **Cavaillès** a donné de ce mouvement une formulation épistémologique forte : les mathématiques engendrent historiquement les concepts qui transforment leurs propres obstacles.

Ainsi, **l'excès de la raison sur le calcul** désigne **un écart mobile**. La raison se rend calculable sans devenir identique au calcul qui en résulte ; le calcul produit des conséquences qui obligent la raison à se déplacer. C'est sur cette histoire que l'IA vient désormais intervenir.

Mouvement de la dialectique mathématique par l'irruption de l'IA

L'irruption de l'IA en mathématiques ne supprime nullement la dialectique entre raison et calcul que nous venons de dégager. Elle la met en mouvement en déplaçant brutalement la frontière qui, jusqu'ici, en distribuait les termes. Poincaré insiste précisément sur ce point lorsqu'il remarque qu'une démonstration peut être décomposée en une multitude d'opérations logiquement correctes sans que cette décomposition suffise à en faire saisir le « véritable sens ». **Comprendre une preuve** exige de discerner pourquoi ses opérations s'enchaînent ainsi, quelle idée les rassemble, quelle orientation commande leur succession. C'est précisément cette distribution que l'IA vient troubler.

L'automatisation classique se laissait encore situer assez aisément du côté du calcul comme prolongation de ce dernier : intégrer, explorer un grand nombre de cas, vérifier une dérivation formelle. L'IA propose maintenant un lemme, suggère une stratégie, rapproche deux théories, reformule une conjecture, décompose un objectif ; puis, en aval, elle commente une preuve, en isole une structure, propose une généralisation, reconstruit sous une forme intelligible un objet initialement produit par exploration ou par calcul. Entre les deux, elle peut engendrer la preuve elle-même, parfois en interaction avec un système de vérification formelle. Ainsi la ligne de partage **raison humaine / calcul machinique** perd-elle son évidence : des opérations que la pratique associait spontanément à la raison humaine deviennent fonctionnellement accessibles à une IA.

Cela n'indique nullement que la machine pense *comme* un mathématicien. Le point décisif est la **distance entre pensée mathématique et langage** : chez Weyl comme chez Hadamard, la pensée ne se laisse pas identifier à sa formulation verbale, et le passage aux mots constitue déjà une opération de projection ou de traduction. Ainsi, le fait qu'une IA puisse exposer une stratégie dans la langue ordinaire ne nous renseigne encore que très imparfaitement sur **le régime interne qui produit cette exposition**.

Le fait qui change tout se situe dans la pratique : l'IA occupe désormais des positions distribuées de part et d'autre de l'ancienne frontière raison/calcul. Une idée humaine verbalisée devient requête, la requête déclenche une exploration d'IA, l'exploration produit un objet langagier que l'humain reçoit comme une proposition intellectuelle, cette proposition réoriente la question, qui peut retourner à l'IA. La dialectique prend alors la forme d'une circulation où chaque passage transforme la nature de ce qui circule : orientation humaine → opération machinique → proposition mathématique → reprise humaine → nouvelle orientation.

Le lieu de l'excès n'est plus situé du côté du mathématicien. Un résultat artificiel peut provoquer chez l'homme une pensée qu'il n'aurait pas eue ; une orientation humaine verbalisée peut provoquer dans la machine une construction qu'aucun humain n'avait anticipée ; cette construction peut à son tour déplacer la recherche.

Voilà peut-être le premier bouleversement intellectuel véritable introduit par l'IA dans les mathématiques. **L'IA met en mouvement la dialectique entre raison et calcul** : elle commence à se déployer entre des régimes hétérogènes d'activité mathématique, dont l'un seulement nous est jusqu'à présent intérieurement familier. Remarquons aussi qu'un saut de l'IA vers une automatisation de boucles où elle se questionne elle-même ne change pas notre schéma : il s'agit bien d'une dialectique où la place de l'humain changera sans disparaitre.

L'IA EN MATHEMATIQUES COMME INTELLIGENCE DE TYPE NOUVEAU

Nous pouvons maintenant avancer une **caractérisation plus précise** de ce qui apparaît dans les pratiques mathématiques contemporaines avec l'intelligence artificielle. Il importe ici de ne pas aller trop vite. Dire qu'une IA est désormais susceptible de participer à un travail mathématique ne nous autorise nullement à conclure que nous saurions ce qu'est, en elle, une pensée, une compréhension ou même une intelligence. D'où la question que nous allons maintenant étudier : *qu'est-ce qui, dans l'activité mathématique conduite avec une IA, nous autorise à parler d'un nouveau type d'intelligence mathématique ?*

Nous partirons de l'hypothèse développée précédemment : le mouvement propre des mathématiques se soutient d'une dialectique de la raison et du calcul. Or leur rapport est celui d'une **intrication**. La mathématique est **moins l'alternance** paisible de ces deux opérations **que leur incessante reprise** l'une dans l'autre. Notre fil directeur ici sera le fait que le calcul est intrinsèque à la pensée mathématique sans que celle-ci s'y réduise. Nous proposons de prendre cette formule au sérieux jusque dans ses conséquences contemporaines.

L'intelligence mathématique comme intrication

Que faudrait-il entendre ici par *intelligence mathématique* ?

Loin de la définir par une faculté psychologique, nous la caractériserons comme suit : est mathématiquement intelligent un processus capable d'intervenir de manière féconde dans l'intrication de la raison et du calcul, c'est-à-dire de transformer une situation mathématique de telle sorte qu'un nouveau calcul devienne pensable, qu'une nouvelle raison devienne calculable, que leur articulation soit déplacée.

Cette caractérisation a l'avantage de ne pas réserver à l'avance le mot *intelligence* à une substance particulière. Elle ne décide ni de l'existence d'une conscience artificielle, ni d'une intériorité de la machine, ni même de quelque chose qui serait chez elle l'analogue exact de notre compréhension. Elle dit seulement ceci : **nous reconnaissons une intelligence mathématique** là où se produit effectivement un travail dans le rapport entre ce qui est calculable et ce qui oriente, organise, sélectionne ou réinterprète le calcul.

Une telle perspective trouve un appui remarquable dans l'intellectualité mathématique de Poincaré et de Weyl. Poincaré refuse précisément d'identifier la compréhension d'une démonstration à l'examen successif de ses opérations élémentaires : la correction locale de chaque pas ne suffit pas à saisir « le véritable sens de la démonstration ».

Nous appellons ***raison*** ce qui, dans cette organisation, excède la simple succession effective des opérations, sans pour autant exister indépendamment d'elles.

L'IA mathématique intervient exactement à cet endroit. Son apparition devient intellectuellement intéressante lorsqu'elle commence à proposer des lemmes, à choisir une stratégie de preuve, à abandonner une piste, à produire une reformulation, à inventer une représentation intermédiaire, à comparer des voies possibles, à signaler qu'un énoncé initial doit vraisemblablement être renforcé ou affaibli. Autrement dit, elle agit désormais **à l'intérieur même** de la circulation entre raison et calcul.

C'est en ce sens, et en ce sens seulement pour l'instant, que nous parlerons d'une **intelligence mathématique de type nouveau**.

Un détour par la récursivité

On peut éclairer cette caractérisation en empruntant un schème intellectuel à la théorie de la récursivité, à condition de ne pas lui faire dire davantage qu'elle ne dit.

La théorie de la récursivité délimite l'espace des procédures effectives : elle cherche à caractériser ce qui peut être obtenu par l'application réglée d'un nombre fini d'opérations, éventuellement reprises sur leurs propres résultats. Mais son intérêt philosophique, pour notre propos, réside moins dans une définition technique de la calculabilité que dans la forme générale qu'elle rend visible : **un résultat peut devenir l'entrée d'une nouvelle opération**.

C'est exactement ainsi que se présente **l'activité mathématique effective**. Une formule obtenue devient objet d'examen ; une démonstration accomplie devient matière à généralisation ; un contre-exemple transforme la question dont il procède ; une construction finie décide provisoirement d'une difficulté qui, réinterrogée, ouvre un nouvel espace de pensée. Weyl lui-même caractérisait la grandeur des mathématiques par cette puissance des constructions finies à prendre en charge des questions qui sont, « par leur vraie nature », infinies.

Il serait toutefois erroné d'identifier cette récursivité à une fermeture de la pensée sur l'effectif. Le point qui nous importe est plutôt le suivant : **la récursion mathématique ne se contente pas de répéter une opération ; elle peut transformer la situation dans laquelle l'opération suivante reçoit son sens**.

Or, si l'intelligence mathématique assistée par IA peut être pensée selon la dialectique présentée ci-dessus, alors elle masque trois écarts ou discontinuités essentielles où se joue la nouveauté :

a) la première sépare l'interrogation de la requête ;
b) la seconde sépare la requête humaine de ce qui se produit dans la machine ;
c) la troisième sépare la réponse produite par l'IA de la pensée que l'homme reconstruit à partir d'elle.

a. De l'interrogation à la requête

Une **interrogation** mathématique n'est pas encore une **requête** [20] : je peux me demander pourquoi un phénomène numérique semble persister, si une construction admet une généralisation, si deux formulations que je pressens analogues dissimulent une même structure ; cette interrogation peut exister bien avant que je sois capable de la formuler exactement ; elle peut être orientée par une image, une analogie, une gêne devant une démonstration, le sentiment qu'un argument contient « trop » d'hypothèses, ou que deux objets doivent être rapprochés sans que je sache encore comment.

La requête est la **projection linguistique** de cette interrogation.

Cette distinction est cruciale parce que la pensée mathématique ne se confond pas avec le langage dans lequel elle s'énonce. On peut même précisément appeler *intellectualité mathématique* le travail par lequel le mathématicien cherche à « dire la pensée mathématique », à projeter dans la langue ordinaire une pensée qui, en son origine, ne relève pas nécessairement du langage. Weyl insiste de même sur la distance entre pensée mathématique et mots, tandis que, à travers Hadamard et Einstein, on sait combien l'activité inventive peut précéder sa traduction linguistique.

L'interaction avec une IA commence donc par une opération philosophique beaucoup plus profonde qu'on ne le croit lorsqu'on parle légèrement de *prompt*. Il faut **faire passer une interrogation** dans une phrase, dans un ensemble d'hypothèses explicites, dans une demande dont les termes sont suffisamment déterminés pour qu'une machine puisse à son tour les prendre en charge.

Tout utilisateur expérimenté des systèmes actuels rencontre immédiatement cette loi élémentaire : une demande pauvre, ambiguë ou mal orientée, tend à produire un travail pauvre, ambigu ou mal orienté. Ce que l'ingénierie contemporaine désigne sous les noms de *prompt engineering* ou de *harness engineering* n'est, du point de vue qui nous occupe, que la manifestation technique d'un problème beaucoup plus ancien : comment mettre en séquence une recherche à partir d'une intuition, qui entrainera des échanges avec l'IA ?

Le premier moment de l'IA en mathématiques est donc **paradoxalement humain**. Il réside dans cette décision : que demander ?

b. Que se passe-t-il alors dans la machine ?

C'est précisément ici qu'il faut résister à deux facilités symétriques.

- La première consiste à dire : la machine calcule, donc **elle ne pense pas**.
- La seconde : la machine produit des raisonnements qui ressemblent aux nôtres, donc **elle pense comme nous**.

Du point de la dialectique de la raison et du calcul, la première position devient intenable dans sa forme **naïve**. Le calcul n'est pas extérieur à la pensée mathématique. Weyl nous a déjà avertis : pour le mathématicien, calculer est une manière de raisonner. On peut aller jusqu'à faire de l'articulation entre

[20] L'IA parle ici de « *prompt* ».

mathématique et logique un « démêlé » interne aux mathématiques, dont il faut éviter aussi bien la séparation absolue que la fusion **logiciste**.

La deuxième position cache une **anthropomorphisation** de l'IA, en tous sens **obscurantiste**.

Il nous faut donc maintenir une dissymétrie terminologique et garder ouverte la problématique mobilisée : qu'est-ce qu'une pensée dont nous pouvons constater les effets mathématiques sans savoir encore dans quel régime subjectif, s'il en existe un, ces effets doivent être inscrits ?

c. La réponse d'IA n'est pas encore une pensée humaine.

Le cycle ne s'arrête pas à ce que produit l'IA car la réponse revient à celui qui la lit. Or **lire mathématiquement** consiste avant tout à **reconstruire** : repérer une idée directrice, soupçonner un lemme inutile, comparer avec ce qu'il connaît, détecter une analogie que le texte n'explicite pas, reformuler un argument dans son propre langage, chercher où se trouve le point réellement difficile.

On ne possède d'ailleurs souvent qu'une compréhension partielle de la production de la machine. Ceci ne constitue pas nécessairement un défaut. Toute l'histoire des mathématiques montre que l'on peut saisir l'intension [21] d'une construction avant d'en maîtriser tous les détails, ou inversement vérifier des détails sans encore comprendre l'idée globale. C'est précisément **la leçon de Poincaré** lorsqu'il distingue l'examen élémentaire d'une démonstration de la compréhension du tout organisé qu'elle constitue.

L'homme réagit donc à la réponse artificielle, et l'IA peut alors produire une seconde réponse à lire. Nous obtenons progressivement un régime de travail dans lequel nul des deux termes ne possède à lui seul l'ensemble de la trajectoire.

Intelligence mathématique de type nouveau

Nous pouvons maintenant préciser notre thèse. L'interaction mathématique entre un humain et une IA met en présence **deux manières d'intriquer raison et calcul**. Chez l'humain, cette intrication nous est familière : intuition, symbolisation, calcul, jugement, reprise conceptuelle. Chez l'IA, nous constatons également une circulation entre opérations effectives et productions de portée conceptuelle, mais nous ne savons pas si le mot *raison* y désigne le même type de réalité.

La possibilité du dialogue présuppose ici une **hétérogénéité** de nature du terme commun. L'homme et la machine peuvent se répondre précisément parce qu'ils ne travaillent pas de la même manière. L'un voit parfois ce que l'autre ne voit pas. Une machine explore avec facilité un nombre considérable de transformations qu'un humain n'aurait pas eu le temps d'examiner ; l'humain peut reconnaître dans un résultat-machine une idée qui mérite d'être isolée, reconstruite, nommée. La machine peut reprendre instantanément une stratégie proposée par l'homme et en déployer les conséquences ; l'homme peut interrompre cet immense déploiement parce qu'il juge, pour une raison mathématique qui lui est propre, que la question véritable est ailleurs.

Il y a donc bien **interlocution de type nouveau**, différent du modèle de deux mathématiciens humains travaillant au tableau. Un dialogue humain repose sur un vaste fonds d'analogies tacites : corporalité commune, expérience comparable de l'apprentissage, usage social du langage, capacités analogues d'attention et de mémoire, appartenance à une histoire partagée des pratiques mathématiques. Rien ne nous autorise à supposer un tel fonds commun avec la machine.L'interlocution avec la machine existe, mais elle ne repose pas un espace physique commun.

Nous avons affaire à une interlocution entre deux régimes d'intelligence dont **la commensurabilité** est précisément en question.

Il devient alors possible de proposer une caractérisation plus forte : l'unité pertinente des mathématiques avec IA est peut-être **la boucle d'interaction** plutôt que l'acte isolé d'un mathématicien ou d'une IA. Cette boucle **possède une structure récursive** : chaque résultat y devient matériau de l'étape suivante. Mais elle possède **aussi une structure dialectique** : chaque passage transforme la distinction elle-même entre ce qui relève du calcul et ce qui relève de la raison.

Une requête initialement conceptuelle peut entraîner une gigantesque exploration calculatoire ; cette exploration fait apparaître une régularité ; cette régularité est reconnue par l'homme comme candidate

[21] Son *instress* : sa tension intérieure constituante…

à un théorème ; le nouvel énoncé est renvoyé à la machine ; celle-ci en propose une preuve ; cette preuve contient une construction inattendue ; l'homme extrait de cette construction un concept que personne au commencement n'avait explicitement formulé.

La question « De qui provient le concept intermédiaire ou final ? » n'admet alors plus de réponse aussi localisable qu'auparavant car elle se distribue dans une chaîne d'opérations dont les termes n'ont cessé de se reprendre. Il y a donc bien **une nouvelle pensée du processus mathématique lui-même**, alors que le discours massif sur l'utilisation actuelle de l'IA se focalise sur le résultat. Ceci est lié à l'utilisation **extra-mathématique** de l'IA par des entreprises dont le résultat est le seul objectif.

Cela ne signifie nullement que l'homme et la machine fusionnent dans une sorte d'esprit collectif homogène. Une telle image effacerait précisément ce qu'il faut penser : leur différence. Nous dirons plutôt qu'une **nouvelle configuration de l'intelligence mathématique** apparaît, dans laquelle une intelligence humaine et une intelligence artificielle, irréductibles l'une à l'autre, entrent dans une récursivité commune.

Nous appellerons donc, pour l'IA en mathématiques, ***intelligence mathématique de type nouveau*** la capacité d'une IA à intervenir de manière féconde dans l'intrication de la raison et du calcul, de telle sorte que ses productions puissent réorienter un travail mathématique et devenir elles-mêmes les objets d'une nouvelle pensée. Cette définition ne dit pas ce que l'IA est ; elle dit **ce qu'elle fait *dans* les mathématiques**. Cette appellation constate qu'un nouvel acteur est désormais capable de se tenir dans le lieu même où la mathématique produit ses déplacements : entre l'opération et son sens, entre le calcul et la raison qui le reprend.

Une telle possibilité mobilise alors une question décisive : quelle sorte de pensée mathématique devient possible lorsque deux intelligences, dont les rapports respectifs au calcul et à la raison sont profondément différents, se mettent à raisonner l'une **avec** l'autre ? C'est à partir de cette question que pourra être abordé le problème suivant, plus difficile encore : celui de **l'incommensurabilité** entre intelligence mathématique humaine et intelligence mathématique de type nouveau telle que présentée ici.

L'IA en ce qu'elle émerge de la pensée collective de l'Humanité, se montre donc comme opérant **un véritable évènement dans les mathématiques**, qui plus est par son caractère générique et interne aux mathématiques.

3. Une orientation de type nouveau encourageante

Nous faisons face à **un véritable séisme mathématique et anthropologique**. Dans l'absence actuelle de toute stabilisation, nous avons besoin moins d'une prédiction que d'une orientation : quelque chose qui permette de tenir des points pendant que les anciennes coordonnées se défont. Il s'agit donc de constituer une orientation mathématique de type nouveau dans l'ère de l'IA dont le but principal est de soutenir **un courage pour endurer les temps qui viennent**.

Une orientation n'est pas une position complète, encore moins une direction de long terme pour le monde mathématique. Nous ne savons pas aujourd'hui quels paramètres organiseront la pratique dans cinq ou dix ans. Le courage commence précisément par **ne pas combler cette ignorance avec un imaginaire débridé**. Il s'agit de se situer dans la tempête, de distinguer ce qui relève de l'effectif et ce qui relève du possible, puis d'engager localement des pratiques pour endurer les temps qui viennent en ne comptant que sur nos propres forces.

De quelle orientation s'agit-il ?

Orientation mathématicienne n'est pas orientation du monde mathématique

S'orienter dans un espace donné suppose d'abord **une décision : *il n'y a pas que ce qu'il y a***. Un espace n'est pas seulement constitué par ses faits établis, ses institutions, ses règles et ses puissances effectives ; il est également traversé de possibilités dont l'existence n'est pas unanimement reconnue. Un événement est ce qui rend certaines de ces possibilités visibles et permet de réorienter l'espace selon elles.

Notre orientation part de concevoir l'irruption de l'IA dans les mathématiques comme **un événement**. Non parce qu'elle tomberait du ciel comme une extériorité absolue : elle émerge de connaissances, de textes, de logiciels et de pratiques humaines. Mais parce que **cette émergence fait apparaître des possibilités** qui n'étaient pas contenues dans la représentation ordinaire de notre discipline : production massive de preuves, interlocution avec une intelligence hétérogène, accès beaucoup plus rapide à des domaines éloignés, formalisation à une échelle jusque-là impraticable. Mais sans avoir les coordonnées du monde mathématique de demain, nous ne pouvons pas en rendre compte d'une orientation d'ensemble de ce dernier. Et nous avons des raisons de penser que nous ne les aurons pas à court terme.

Nous sommes actuellement dans **un écartèlement**. D'un côté se déploient la méfiance, parfois le dégoût, et le désir de protéger les mathématiques de ce qui leur arrive. De l'autre, les entreprises privées d'IA disposent des modèles les plus puissants, des infrastructures de calcul et d'une capacité économique qui tend à absorber une part croissante de la nouvelle pratique. Entre le retrait protecteur et l'intégration capitaliste, il serait tentant de chercher un juste milieu.

Je ne crois pas que ce soit notre tâche. Une orientation ne vise pas à combler le fossé par une moyenne impuissante : elle vise à tenir, avec une puissance propre, des points qui ne se laissent pas subordonner ni à l'une ni à l'autre des puissances existantes.

C'est pourquoi **notre orientation mathématicienne ne saurait constituer une orientation du monde mathématique**. Nous n'avons ni l'appareil institutionnel ni la connaissance de la situation future qui permettraient de dessiner un plan général. Il n'empêche que nous pouvons immerger des points locaux dans un champ polarisé entre exploitation-domination-oppression et émancipation. Cette immersion donne au point une portée globale et combat la tendance naturelle, en période de chaos, à se replier sur « son » laboratoire, « son » sujet, « sa » carrière, « sa » peur. Mais quels points alors ?

Travail mathématique émancipateur

Mettre la révolution des rapports de travail mathématique au poste de commandement signifie d'abord cesser de juger une activité uniquement par l'objet final qui s'en détache. Un travail mathématique *émancipateur* se mesure également à l'intérêt du travail pour celui qui le mène. Il ne vaut pas seulement parce qu'il produit un théorème, un article, une position professionnelle ; il vaut parce qu'il met en action une intelligence, transforme celui qui travaille, crée des relations et des capacités nouvelles. [22]

> Par ailleurs, Park et Talagrand ont évoqué dans l'article du 27 septembre (voir généalogie ci-dessus) le fait que le travail avec une IA peut être **subjectivement intéressant**.

L'IA peut donc être incorporée comme **une capacité de type nouveau** sans devenir pour autant la mesure du travail : une pratique dans laquelle un étudiant explore un domaine qu'il n'aurait pas pu approcher seul, où un chercheur transforme une sortie artificielle en compréhension transmissible, où plusieurs générations travaillent ensemble autour d'un problème, peut être mathématiquement féconde même si le résultat terminal n'est pas spectaculaire. Inversement, une production industrielle de théorèmes peut être pauvre subjectivement si elle ne laisse derrière elle que des certificats et des titres de propriété.

Le courage dont il est question exige donc **une conscience tragique à court terme et un optimisme stratégique à long terme**. L'optimisme à bon marché consiste à dire que toutes les révolutions techniques ont finalement créé de nouvelles possibilités et qu'il suffirait de s'adapter rapidement. La conscience tragique reconnaît au contraire qu'**une ère se termine** : certaines formes de rareté, de prestige, de protection institutionnelle et même certaines formes familières de plaisir mathématique vont disparaître ou être profondément modifiées. Mais cette conscience n'a de sens que si elle demeure adossée à l'espérance qu'autre chose peut être construit.

Notons aussi que tenir sur la caractérisation de l'IA en mathématiques comme intelligence de type nouveau implique que notre conception du travail émancipateur ne saurait se dire selon les deux formules convenues (libérale et socialiste) :

- « *à chacun selon ce que lui-même et les moyens dont il dispose produisent*. » (Milton Friedman, 1956) - telle serait la thèse d'un travail adossé à la logique business des entreprises d'IA ;
- « *de chacun selon ses capacités à chacun selon **son travail*** » - telle serait la thèse qui, déniant la révolution en cours, reviendrait à mesurer le mérite des mathématiciens « à la sueur de leur front ».

[22] Voir l'article d'Alain Rallet sur le travail émancipateur dans ce numéro.

Il s'agit plutôt, dans l'intrication que nous avons décrite, d'un travail « *de chacun selon ses capacités à chacun selon **ses besoins*** » où les besoins *individuels* restent *collectivement* évalués. Cette logique, qui vaut pour tout travail émancipateur, vaut en particulier pour **le travail mathématique**. Nous avançons que seule une telle conception du travail mathématique pourrait être compatible avec le travail effectif d'une intelligence mathématique de type nouveau. Nous l'avons vu : l'unité pertinente des mathématiques avec IA devient une boucle d'interaction à structure récursive où les actes isolés d'un mathématicien et d'une IA deviennent inséparables.

Analysons comment les deux autres orientations présentés ci-dessus se montrent incompatibles avec un tel travail émancipateur.

D'autres orientations

Deux orientations institutionnelles occupent déjà une grande partie de l'espace :

- l'une **accepte** l'intégration croissante des mathématiques aux entreprises d'IA et cherche à organiser cette intégration ;
- l'autre tente de protéger un espace mathématique humain en **refusant** ou en limitant fortement l'usage des modèles.

Nous ne visons pas à supprimer l'une ou de l'autre, moins encore de nous y rallier : notre enjeu est d'identifier **ce qu'elles laissent impensé**.

Face au repli sur une conception utilitariste de la thèse en mathématiques

La question de **la thèse de doctorat** rend le problème immédiatement concret : beaucoup d'étudiants se demandent s'il vaut encore la peine d'engager plusieurs années de leur vie dans une recherche mathématique qu'une machine pourrait demain accélérer ou dépasser. Une réponse utilitariste consiste à défendre le doctorat comme production d'un expert : production de quelqu'un qui saura vérifier les sorties des modèles, s'adapter au marché du travail, influencer les débats, ou contribuer à améliorer les systèmes d'IA.

Une telle réponse n'est pas fausse ; mais elle est trop pauvre car elle laisse intacte l'idée que la thèse tire sa valeur principale de ce qu'elle produit : une qualification, une expertise, un manuscrit, une place. Or la thèse peut valoir comme **travail de vie**, comme **longue discipline intellectuelle**, comme **manière d'apprendre** à poser des questions, à supporter une difficulté, à rencontrer une communauté et à transformer ses propres capacités. Si l'IA retire à la thèse une partie de sa fonction de tri et de certification, nous pouvons y voir aussi l'occasion de dégager plus clairement ce qui, dans ce travail, possède **une valeur intrinsèque**.

Face à l'imposition d'une exclusivité des domaines de recherche

Le Mathathon a rendu visible **un point de réel** particulièrement sensible : après la contestation de septembre, les organisateurs ont remplacé l'objectif d'attaquer des problèmes ouverts par « Old Problems, New Proofs », privilégiant la compréhension, les nouvelles preuves et l'exposition de résultats déjà connus. [23]

Il y a dans ce déplacement **un gain réel** : rappeler que comprendre, simplifier, exposer et relier sont des contributions mathématiques à part entière. Mais j'y vois aussi un recul si ce changement signifie que les problèmes ouverts devraient être protégés de l'IA afin de conserver leur fonction dans l'écosystème académique. Car il faut alors demander : qu'est-ce qui, exactement, doit être préservé ?

La communauté mathématique a longtemps bénéficié d'une situation de **rareté des preuves**. Les problèmes sont innombrables, les solutions rares, et un contrat implicite pouvait relativement bien fonctionner : un doctorant occupe un sujet, un groupe sait qu'un collègue travaille sur une direction, chacun évite le plus souvent de marcher sur le terrain de l'autre. Cette exclusivité n'était pas un droit formel ; elle constituait une coutume rendue possible par l'immensité du territoire et la lenteur de l'exploration.

L'IA fragilise ce contrat. Lorsqu'une machine peut explorer rapidement des milliers de variantes et produire des résultats sur des domaines éloignés, il devient beaucoup plus difficile de garantir qu'un sujet

[23] Coalition de mathématiciens de Caltech, « *Joint Statement about Mathathon* », Proofs and Prompts, 28 septembre 2026.

restera tranquille pendant trois ans. La première réaction consiste à vouloir **restaurer artificiellement la rareté** : déclarer certaines classes de problèmes hors d'atteinte des solveurs automatisés, protéger leur valeur pédagogique ou leur valeur de carrière. Une telle protection peut parfois avoir un sens local, notamment dans l'enseignement ; érigée en principe général, elle transforme la rareté historique en norme morale.

Ce déplacement frappe évidemment les doctorants, mais il frappe peut-être plus durement encore ceux dont la carrière et la renommée se sont organisées autour de problèmes prestigieux. Le point n'est pas de soupçonner leurs motivations individuelles : chacun fait des mathématiques pour un mélange de raisons, et la reconnaissance en fait souvent partie. Le point est de **rendre cette reconnaissance pensable collectivement**. À quel titre devons-nous protéger la rareté d'un problème pour préserver une économie du prestige ? À quel titre une question mathématique pourrait-elle être tenue en réserve parce que sa résolution trop rapide bouleverserait une carrière ou un système d'attribution ?

Le courage mathématique se mesure ici à **une capacité de détachement**. Si une machine résout demain le problème auquel nous avons consacré dix ans, la perte subjective peut être immense. Elle doit pouvoir être dite comme perte. Mais aucune propriété naturelle ne nous garantissait ce problème. **Les mathématiques** ne nous appartiennent pas plus qu'elles n'appartiennent aux entreprises qui entraînent les modèles. Elles **appartiennent**, si le mot doit être maintenu, **à l'humanité** comme histoire commune de vérités, de problèmes et de constructions.

Au total : face à deux orientations mathématiciennes

Deux orientations se dessinent ainsi.

- La première peut être dite capitaliste-libérale : « *à chacun selon ce que lui-même et les moyens dont il dispose produisent* ». À l'ère de l'IA, les « moyens dont il dispose » cessent d'être marginaux : accès aux modèles de frontière, puissance de calcul, données, infrastructures, financements deviennent directement productifs de mathématiques.
- La seconde conserve quelque chose du principe « de chacun selon ses capacités, à chacun selon son travail » : elle veut protéger l'ordre académique où le mérite est attribué selon un travail humain identifiable, certifié par les journaux, les carrières et les institutions.

Ces orientations sont idéologiquement différentes et leurs acteurs ne forment évidemment pas deux blocs homogènes. Elles ont pourtant **un point commun** : elles laissent intacte la persistance d'une élite mathématique comme dispositif central de tri du travail intellectuel. L'une organise l'élite selon l'accès aux nouveaux moyens de production ; l'autre cherche à conserver les formes antérieures de distinction. Notre orientation part d'une autre question : comment faire des capacités nouvelles une ressource pour une mathématique plus largement appropriable, partageable et désintéressée ?

L'orientation 1

La déclaration de l'AGMAI du 29 septembre est importante parce qu'elle rend explicite **une contradiction** : le groupe demande aux laboratoires de ne plus tester des problèmes mathématiques avancés sur des modèles propriétaires inaccessibles à la communauté, et il appelle à publier modèles utilisés, requêtes, informations de provenance, temps et coût de calcul, ainsi qu'à financer le travail de compréhension humaine.

Je souscris à une partie de ces exigences. La transparence des procédures, la publication des artefacts, la possibilité de reconstruire une expérience, le financement de la digestion mathématique sont indispensables. Il faut saluer également le refus de réduire un résultat mathématique à un véhicule de communication produit. Mais le texte fait silence sur **le problème matériel qui devient central** : qui possède les modèles, qui alloue la puissance de calcul, qui peut payer ?

Pendant longtemps, l'idéologie du « papier et crayon » permettait aux mathématiques pures de se représenter comme relativement indépendantes des moyens de production lourds. Cette représentation oubliait déjà l'inégalité des institutions, des salaires, du temps disponible et des réseaux. L'IA rend néanmoins la question beaucoup plus visible : la puissance matérielle entre directement dans la capacité à explorer. Si les modèles les plus capables restent propriétaires et si l'accès computationnel devient coûteux, les mathématiques peuvent connaître **un système à deux vitesses**, analogue à celui des sciences expérimentales.

Le danger ne tient donc pas seulement à ce que les laboratoires privés « prennent l'ascendant » sur la communauté. Il tient à ce que la communauté elle-même peut reproduire cet ascendant en distribuant des allocations de calcul selon ses hiérarchies existantes. **La propriété intellectuelle, le prestige et le financement** se combineraient alors avec une propriété matérielle des moyens de recherche.

Une orientation émancipatrice doit tenir sur un autre point : rendre les systèmes, les méthodes et la puissance de calcul **aussi communs que possible**, et développer des infrastructures souveraines, ouvertes, dont l'usage ne soit pas subordonné à la rentabilité d'une entreprise. On voit d'ailleurs que derrière la « superintelligence » récemment revendiquée par ces entreprises, l'opération vise avant tout à forcer quelque conmensurabilité des intelligences assurant alors que l'IA est supérieure à l'intelligence humaine.

L'orientation 2

L'*Association for Human Mathematics* constitue l'autre figure emblématique. Ses engagements sont simples : refus de travailler pour les entreprises commerciales d'IA, refus de publier des textes générés par modèles, et, pour ceux qui rejoignent le caucus le plus strict, refus d'utiliser les modèles dans la recherche.

Je comprends ce qui nourrit cette réaction : l'accélération est réelle, les pratiques des laboratoires privés sont souvent opaques, l'attribution devient instable, et beaucoup de mathématiciens craignent de voir disparaître une forme de travail à laquelle ils ont consacré leur vie. Mais **une orientation définie principalement par le refus** risque de sacraliser rétrospectivement les mathématiques d'avant l'IA. Or celles-ci n'étaient nullement un espace neutre : journaux hiérarchisés, recrutement par prestige, enseignement sélectif, concentration de la reconnaissance et distribution très inégale des conditions de travail les structuraient déjà.

Protéger les journaux « humains », les carrières « humaines » et des espaces de recherche interdits à l'IA peut alors revenir à protéger, avec les mathématiques que nous aimons, les mécanismes mêmes qui constituaient leur **oasis aristocratique**. La difficulté est ici dialectique : ce qui se présente comme défense de l'humain peut reconduire les anciennes exclusions humaines. Le point n'est donc pas de combattre ceux qui refusent l'IA ; il est de **refuser que leur négation devienne notre principe positif**.

Notre orientation n'est pas une négation de la négation. Elle ne se construit pas en disant « oui à l'IA » contre ceux qui disent « non ». Elle cherche à produire des pratiques dont la valeur soit **affirmative par elle-même** : travail désintéressé et indifférent de la notoriété sociale des problèmes qui créait un rapport intéressé aux mathématiques, ouverture des résultats, hospitalité envers les non-spécialistes, circulation des savoir-faire, autonomie relative à l'égard des IA, travail collectif de compréhension et démocratisation de l'accès aux mathématiques.

L'orientation proposée qui en découle est modeste : constituer des **cercles** capables de travailler collectivement à une intellectualité mathématique de type nouveau. Ne pas attendre que les institutions centrales nous livrent l'interprétation correcte de ce qui arrive. Lire ensemble des résultats produits avec IA, partager des manières de travailler, discuter des risques réels, expérimenter des pratiques, accueillir ceux qui ne possèdent pas encore les codes de l'oasis académique et ne pas les y enfermer. **Compter**, ici, **sur nos propres forces**.

De longues marches endurantes

Un tel travail émancipateur affirme un lieu et une durée propres. Ils font exister, au milieu de la déferlante, des espaces où l'on peut respirer et travailler sans être entièrement commandé par la vitesse. Ils font ek-sister des poumons redonnant souffle, confiance et espérance.

Orienter… des points

Qui parle d'orientation doit avancer **quelque chose à orienter**. Nous n'avons pas aujourd'hui de ligne générale ni de plan stratégique ; nous avons des points. Dans une situation dont les coordonnées globales sont instables, tenir des points est précisément ce qui met en pratique cette endurance. Sa force vient de sa capacité d'extension : un point tenu par plusieurs peut en appeler d'autres, constituer une région, donner confiance, produire une nouvelle manière de travailler.

De quel courage s'agit-il ?

Le courage dont il s'agit nous vient finalement de la mathématique elle-même : de sa capacité à construire avec peu, à avancer dans l'opacité, à transformer un obstacle en problème et un problème en nouvelle structure. Penser **une mathématique de type nouveau** exige ce courage sans garantie. Nous pouvons avancer quelques points préliminaires dont la description en détail pourra être l'objet d'un prochain article, non comme programme fermé, mais comme élan pour notre endurance.

- Capacité au travail mathématique émancipateur **partagé** : œuvrer pour que toute personne qui le désire puisse pratiquer des mathématiques « *de chacun selon ses capacités, à chacun selon ses besoins* ». Les capacités incluent désormais l'IA ; les besoins, eux, ne peuvent être abandonnés à l'évaluation marchande ou au prestige individuel.
- La différence entre intelligences mathématiques humaines et IA comme **ressource** (vs comme problème) : en faire une force, apprendre à connaître ses zones de faiblesse, s'auto-limiter lorsque son usage détruit la compréhension au lieu de l'accélérer, et refuser qu'elle devienne une autorité à laquelle on délègue le jugement.
- Se libérer autant que possible de la dépendance aux entreprises à profit : développer des systèmes agentiques **ouverts**, des bibliothèques et des infrastructures souveraines ; partager les bonnes pratiques d'usage ; rendre visibles les coûts matériels de la recherche assistée par IA.
- Tenir sur la fierté de *faire* des mathématiques (vs *avoir fait* telle ou telle production mathématique) **selon ses propres forces**, en comprenant désormais l'IA parmi ces forces lorsqu'elle est réellement appropriée.
- Se détacher avec grâce du désir de propriété intellectuelle sur les vérités mathématiques. Une preuve que je comprends peut devenir mienne au sens de **l'appropriation intellectuelle** sans devenir **ma propriété**. La reconnaissance est pensée comme reconnaissance collective de l'importance d'un travail et non comme titre foncier sur un territoire de pensée.
- Mettre les résultats **à disposition de tous** et travailler à leur incorporation dans l'histoire des idées, indépendamment de leur source. Une mathématique produite par IA n'entre dans l'humanité qu'à la mesure du travail par lequel nous la situons, l'expliquons, la relions et la transmettons. Il est ici décisif de reprendre l'histoire de l'intellectualité mathématique de Poincaré et Weil à Lawvere comme ombre orientante d'une mathématique ne se mesurant plus uniquement à ses résultats.
- Accueillir avec hospitalité les non-mathématiciens qui désirent se lier aux mathématiques de façon désintéressée. Si l'IA abaisse certains coûts d'entrée, saisir cette possibilité contre l'ancien réflexe de l'oasis : **mathématiques pour tous**, non comme slogan scolaire, mais comme orientation pratique.
- Reprendre l'enseignement depuis cette possibilité. L'enjeu n'est ni d'interdire l'IA ni de la rendre obligatoire, mais de **séparer** ce qui doit être approprié humainement de ce qui peut être délégué, de développer la capacité à poser des questions, reconstruire des arguments, expliquer et critiquer. Il est ici décisif de reprendre les principes de la réforme des mathématiques modernes du point d'une démocratisation de l'enseignement des mathématiques.
- Séparer le **travail de survie** du **travail de vie** en mathématiques. Les carrières, journaux et recrutements ne doivent plus définir seuls la valeur d'une activité mathématique. Se tenir à distance de l'aristocratie des journaux comme mesure universelle du mérite devient d'autant plus urgent que la production de textes cesse d'être rare.
- Se lier au destin de toutes les sciences et de toutes les professions intellectuelles. Les mathématiciens ne traverseront pas seuls **le séisme anthropologique de l'IA**. Chercher à préserver nos privilèges disciplinaires en laissant le reste du travail intellectuel affronter la transformation serait à la fois illusoire et indigne.
- **Favoriser les relations intergénérationnelles**. Les jeunes ont devant eux le temps de construire de nouvelles pratiques ; les plus anciens possèdent une histoire, des concepts, une expérience des ruptures et peuvent travailler hors de la seule urgence de carrière. L'IA peut devenir un lieu concret de leur rencontre plutôt qu'un motif de séparation.

Ces points supposent une autonomie relative des mathématiques avec le reste de l'Humanité, jamais une indépendance imaginaire ; l'IA elle-même dépend de **l'histoire humaine dont elle émerge**.

Il faut également **maintenir l'opacité comme catégorie positive**. Nous ne comprenons pas entièrement ce qui arrive, nous ne comprenons pas toujours les productions des modèles, nous ne connaissons pas les formes institutionnelles qui vont se stabiliser. Il faut s'armer d'**un matérialisme de l'opacité** et non de la transparence. En mathématiques, nous travaillons désormais avec l'objet intrinsèquement opaque qu'est l'IA ; il s'agit alors d'assumer que **penser déborde de toutes parts ce que l'on a conscience de penser**.

Enfin, l'IA doit être pensée **comme ressource plutôt que comme problème** total. Dire *ressource* ne signifie pas nier les risques, les exploitations ou les dominations qui l'accompagnent. Cela signifie refuser de laisser l'opposition à ces risques épuiser notre subjectivité. Une ressource est ce dont on s'empare pour construire autre chose. L'intelligence artificielle est née de l'histoire humaine ; les mathématiques qu'elle produit s'inscrivent déjà dans cette histoire. La question est de savoir quel rapport nous allons construire avec elles.

•

Notre horizon n'est donc ni la restauration des mathématiques d'hier ni leur livraison à la puissance des laboratoires privés. Il est une mathématique gratuite, désintéressée, anonymement offerte à l'humanité ; une mathématique où les capacités nouvelles élargissent le cercle de ceux qui peuvent travailler, comprendre et transmettre ; une mathématique qui assume de perdre certains privilèges pour gagner de nouvelles possibilités de pensée.

Nous entrons dans une zone des tempêtes. Plus que jamais face à l'angoisse qui déferle, courage, confiance matérialiste et espérance dialectique sont nécessaires.

•••