

Quelles mathématiques pour une IA fiable, frugale, moins artificielle ?

Chaque mois, la firme OpenAI nous annonce un nouvel opus de GPT, censé nous rapprocher de la super intelligence ou AGI (Artificial General Intelligence) et d'éclipser l'intelligence humaine. Ce devait être le fameux GPT 5 en août 2025 mais ce fut vite une déception parmi les fans. Depuis, on attend toujours surtout après l'annonce de NVIDIA d'investir \$100mds à comparer aux €1,3mds que ASML investit dans Mistral AI !

La technologie LLM souffre en effet de défauts congénitaux :

Hallucinations, Les modèles de langage hallucinent parce que les procédures standard d'entraînement et d'évaluation récompensent les conjectures plutôt que la reconnaissance de l'incertitude. » L'IA est incapable de dire « Je ne sais pas ».

Difficultés à raisonner, les chercheurs d'Apple ont sorti d'Apple un rapport nommé « Illusion of Thinking » où ils analysent les capacités de raisonnement des LRM (Large Reasoning Language) comme GPT-4, Claude 3.7 Sonnet ou encore DeepSeek-R1 qui utilisent la technique du « Chain of Thought ». Ils ont soumis à ces IAs des problèmes logiques de Tour de Hanoi et des énigmes de traversée de rivière. Ces IAs, qui effectuent de la reconnaissance de motifs et de la prédiction, parfaitement entraînées sur des benchmarks mathématiques, sont pourtant incapables de résoudre ce type de problèmes.

Un gouffre en énergie, le dernier centre de donnée d'Elon Musk, Colossus 2, nécessite 1 GW, soit une tranche de centrale nucléaire. Les GAFAM ont mis la main sur le nouveau secteur des mini réacteurs nucléaires ou SMR.

Penser qu'on peut faire émerger l'intelligence par accumulation de données relève de la croyance au déterminisme.

En effet, imiter ou extrapoler n'est pas créer, au même titre qu'exécuter ne signifie pas comprendre. L'histoire célèbre de Hans le Malin au début du 20 ième siècle, le cheval doué en arithmétique, montre que ces illusions d'intelligence ne datent pas d'aujourd'hui.

Au final, les IA génératives sont non fiables par définition et énergivores. Elles n'ont aucun avenir dans les usines et les processus critiques.

Comment aller au-delà et faire sauter ces verrous. L'avenir réside dans des modèles qui s'inspirent de l'apprentissage efficace et frugal des humains. Les neurosciences peuvent apporter des solutions.

La mathématicienne Olivia Caramello a identifié un certain nombre de caractéristiques fondamentales qui sont à l'origine de l'efficacité de l'intelligence humaine :

- La capacité à identifier des invariants, permettant une compréhension qualitative, plutôt que numérique ou quantitative, de phénomènes complexes
- La capacité à combiner et à synthétiser différents points de vue sur un thème donné, correspondant à différents invariants
- La capacité à fonctionner à différents niveaux d'abstraction et à s'appuyer sur des connaissances acquises précédemment.
- L'utilisation de différents types de langages pour décrire et représenter des éléments de la réalité, afin que les découvertes sur le monde puissent être exprimées, stockées et communiquées à d'autres agents

Nous sommes encore loin d'une forme d'une nouvelle intelligence artificielle bénéficiant de toutes ces caractéristiques. De nouvelles bases mathématiques sont nécessaires pour atteindre ces objectifs.

Ce séminaire propose comme piste la théorie des topos d'Alexandre Grothendieck, un univers de concepts mathématiques, multidimensionnels et interconnectés, servant de pont entre différents domaines des mathématiques, comme la logique, la géométrie et l'algèbre.

COORDINATION SCIENTIFIQUE



DAVID MENGA
EDFLAB SACLAY



GERARD MEMMI
TELECOM PARIS



BERNARD MONNIER
MIM

TARIFS

- Participation aux frais :
 - Gratuit
Pour les entreprises adhérentes d'Aristote
 - 60,00€ TTC
Pour les entreprises non adhérentes à Aristote
 - 70.00€ TTC
Pour les règlements sur place

PAIEMENT

- Par Carte Bleue :
 - directement lors de l'inscription

- Par chèque :
- à l'ordre de "Association Aristote"
- Par virement bancaire :
- (IBAN : FR76 3000 4008 8600 0042 1466 411)

DATE & LIEU

21 mai 2026

9h00 - 17h30

EDF Lab Paris-Saclay

7 Bd Gaspard Monge

91120 Palaiseau

Amphithéâtre Marie Curie



SITUATION

PROGRAMME

08h30 – 08h50

Accueil & café

08h50 – 09h00

Présentation de la journée

David MENGA

Gérard MEMMI

EDFlab Saclay

Telecom Paris

09h00 – 10h00

IA informée par les structures symplectiques de la géométrie de l'information et la « thermodynamique des groupes de Lie »

Frédéric BARBARESCO

Responsable scientifique chez Thales pour la division quantique et l'IA embarquée.

10h00 -11h00

Grothendiek et la théorie des Topos

Olivia CARMELLO

Présidente de l'Institut Grothendiek à Mondovi, Italie

11h00 – 11h15

Pause café

11h15 – 12h00

De la perception au Topos

Patrick PIRIM

Directeur technique de la société Anotherbrain

12h00 – 12h30

Les perspectives des Topos chez Huawei

Jean-Claude BELFIORE

Directeur du laboratoire « Advanced Wireless Lab » de Huawei à Boulogne Billancourt

12h30 – 14h00

Déjeuner buffet

14h00 – 15h00

Apport de la théorie des Topos à l'IA

Laurent LAFFORGUE

Médaille Fields 2002 et Mathématicien au Centre Lagrange de recherche Huawei en mathématiques à Paris

15h00 – 16h30

Table ronde

animée par Sylvain ALLEMAND,
avec le concours de David GURLÉ

♦ Jean-Claude BELFIORE

♦ Olivia CARMELLO

♦ David GURLÉ

♦ Laurent LAFFORGUE

♦ Patrick PIRIM

Journaliste et essayiste EPA Paris Saclay

PDG des sociétés Hivenet et PoliCloud

16h30

Cocktail

RESUME DE LA PRESENTATION

L'IA informée par la physique et la géométrie | Frédéric BARBARESCO



Les réseaux de neurones informés par la Physique (PINN « Physics-Informed Neural Network » et HNN « Hamiltonian Neural Network ») sont une alternative pour une IA plus frugale en données et en consommation énergétique en hybridant les modèles analytiques de la physique avec les techniques d'apprentissage. Nous présenterons des outils géométriques venant de la théorie des représentations des groupes de Lie (travaux de Alexandre Kirillov, Bertram Kostant et Jean-Marie Souriau), de la cohomologie des algèbres de Lie (travaux de Jean-Louis Koszul), des structures de feuilletage symplectique (travaux de Charles Ehresmann, Georges Reeb et Paulette Libermann) et de l'équation métriptectique (travaux de Baptiste Coquinot). La géométrie symplectique est la « grammaire » commune des systèmes dynamiques de la physique classique ou quantique. Nous commencerons par présenter des réseaux de neurones équivariants qui utilisent des convolutions sur les groupes de Lie non-compacts pour des applications radars ou caméra hémisphériques. Après avoir introduit le modèle symplectique de la mécanique statistique, appelée « Thermodynamique des groupe de Lie », nous l'interprétons comme une extension de la géométrie de l'information aux groupes de Lie qui donne une définition purement géométrique à l'Entropie. L'Entropie apparaît ainsi comme une fonction de Casimir invariante en représentation coadjointe, sur les feuilletages symplectiques générés par les orbites coadjointes via l'application moment (l'application moment étant une géométrisation du théorème d'Emmy Noether). Sur la base des travaux de Paulette Libermann sur les feuilletages Lagrangiens transverses à connexion canonique plate, autour de ce qu'Élie Cartan appelait le « problème d'équivalence » pour s'affranchir du choix de tout système de coordonnées, nous étendons le modèle de Jean-Marie Souriau de la « Thermodynamique des groupes de Lie » au cas dissipatif via un feuilletage Riemannien, s'interprétant comme les courbes de niveaux de l'énergie, transverse au feuilletage symplectique précédent correspondant aux courbes de niveau de l'entropie ; donnant ainsi une interprétation géométrique au 2nd principe de la thermodynamique de Sadi Carnot. Nous illustrons ce modèle symplectique de la dissipation pour les réseaux de neurones informés par la thermodynamique (TINN « Thermodynamics Informed Neural Networks »). Nous montrerons comment ces modèle dissipatifs peuvent être utilisés par des réseaux de

neurones informés par la physique pour le cas de la mécanique de vol des drones en modélisant le phénomène dissipatif de la traînée. Nous concluons par une question ouverte « quel rôle joue la dissipation dans les processus d'apprentissage sachant que toutes les techniques existantes d'intelligence artificielle sont basées sur des gradients d'apprentissage non-dissipatifs ? ».

REFERENCES :

- [1] Frédéric Barbaresco, Jean-Marie Souriau's Symplectic Foliation Model of Sadi Carnot's Thermodynamics. Entropy 2025, 27, 509. <https://doi.org/10.3390/e27050509>
- [2] Frédéric Barbaresco, Transverse Symplectic Foliation Structure for Thermodynamics-Informed Neural Network and Lie-Groups Machine Learning; Erwin Schrödinger Institute, Vienne, Février 2025; <https://www.esi.ac.at/events/t2213/>
- [3] Charles-Michel Marle, On Gibbs states of mechanical systems with symmetries. J. Geom. Symmetry Phys. 2020, 57, 45–85.; DOI: 10.7546/jgsp-57-2020-45-85
- [4] Charles-Michel Marle, Géométrie Symplectique et Géométrie de Poisson; Calvage & Mounet: Paris, 2nd édition augmentée, France, 2025
- [5] Karl-Hermann Neeb, A classification of coadjoint orbits carrying Gibbs ensembles; <https://doi.org/10.48550/arXiv.2601.04934>

Frédéric BARBARESCO : Responsable du segment THALES «AI FOR SENSORS»
Diplômé de CentraleSupélec en 1991, Frédéric Barbaresco est responsable du segment THALES « AI FOR SENSORS » au sein de la Direction Technique. Il représente THALES auprès des clusters IA SEQUOIA et ANITI.

Au sein de la Direction Technique de THALES LAS, il coordonne les activités IA pour les lignes de métier Capteurs (radar et caméras EO/IR) et Systèmes (défense aérienne et contrôle du trafic aérien), et supervise la participation de THALES à la Chaire NAIADE d'IA pour les applications navales, en collaboration avec THALES DMS, l'École Navale, Naval Group et IMT Atlantique. Frédéric Barbaresco est membre du Conseil de recherche de l'ENAC (École nationale de l'aviation civile).

Il préside depuis plus de douze ans la conférence SEE GSI (Geometric Science of Information) avec la dernière édition en 2025. Il représente également la France au sein des initiatives européennes COST CaLISTA et MSCA CaLIGOLA, qui portent sur les réseaux de neurones informés par la géométrie. En 2020, il a organisé une école d'été à l'École de Physique des Houches sur le thème « Structures géométriques de la physique statistique, géométrie de l'information et apprentissage », qui a donné lieu à la publication d'un ouvrage chez Springer. En 2024, il a organisé la conférence GIML (Geometry-Informed Machine Learning) à Mines ParisTech – PSL.

Il est membre du conseil d'administration de la SMAI (Société Française de Mathématiques Appliquées et Industrielles) et membre émérite de la SEE, où il dirige le club technique SEE ISIC « Ingénierie des Systèmes d'Information et de Communication ». Il a reçu le prix Aymé Poirson 2014 de l'Académie des sciences pour l'applications des sciences à l'industrie, la médaille Ampère 2007, le prix Thévenin 2014 de la SEE et le SET Lecture Award 2012 de l'OTAN.

Inscription

L'inscription et le paiement peut s'effectuer directement sur le site de l'association Aristote

Site web

www.association-aristote.fr

contact

07 72 33 67 17

secretariat@association-aristote.fr