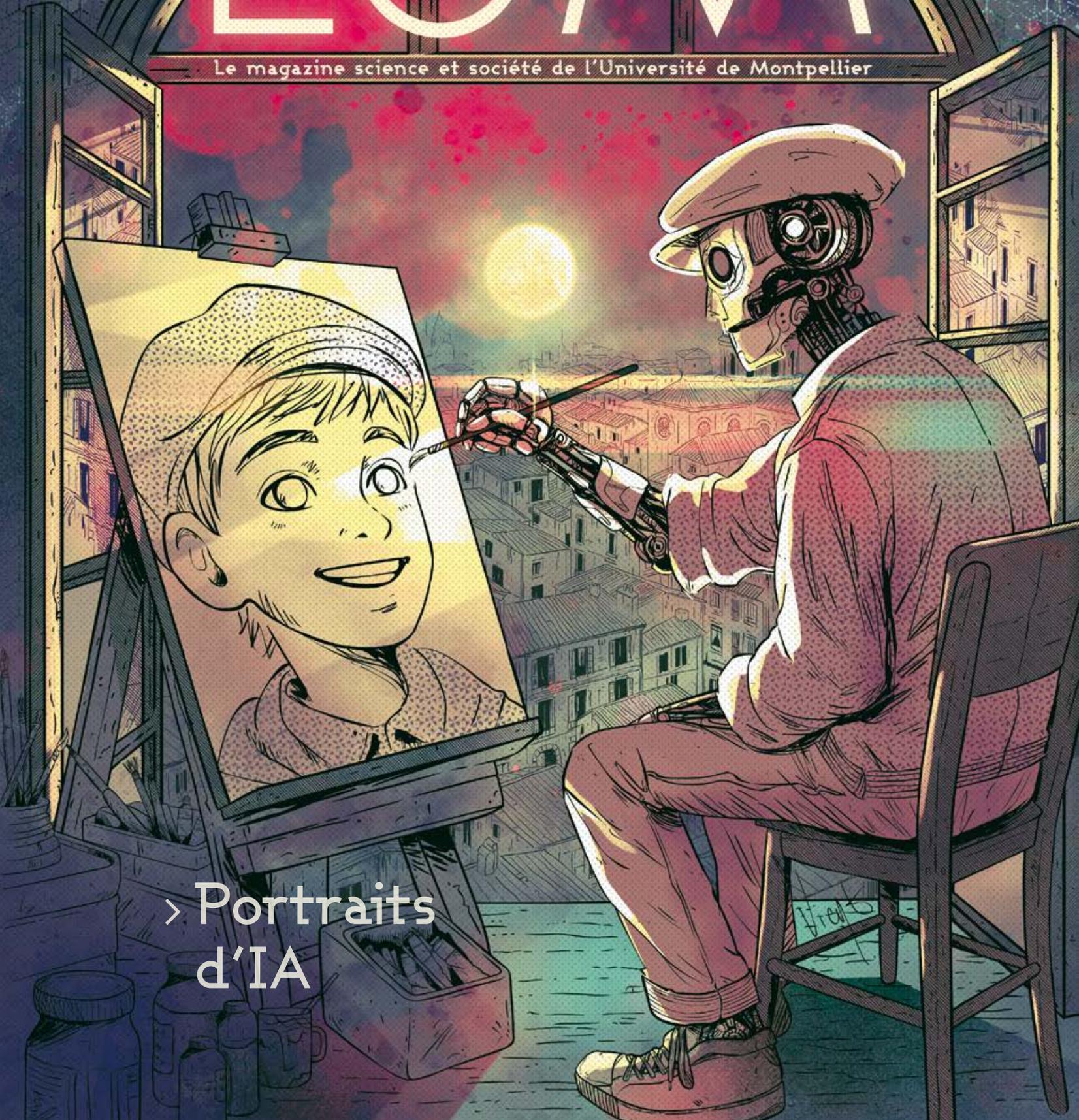


LUMA

N°22
OCT 2024
JANV 2025

Le magazine science et société de l'Université de Montpellier



> Portraits
d'IA



Édito

L'UM au cœur de l'IA

L'intelligence artificielle est désormais incontournable en recherche. Non seulement parce qu'elle augmente les capacités de recherche en accélérant certaines tâches, mais aussi parce qu'elle est elle-même un objet de recherche dont l'Université de Montpellier s'est pleinement saisie.

Plus d'une centaine d'enseignantes-chercheuses, enseignants-chercheurs, chercheurs et chercheuses à l'UM mènent des travaux en lien avec l'IA. Sur la période 2022-2023, 13 financements de l'European research council (ERC) ont été obtenus dans divers domaines de recherche, et 31 brevets ont été déposés. Plus de 600 publications scientifiques et une cinquantaine de thèses soutenues en lien avec l'intelligence artificielle témoignent du caractère incontournable de l'Université de Montpellier et de ses partenaires dans ce secteur en plein essor.

Car l'IA à Montpellier s'articule autour de forces reconnues du consortium recherche, formation, innovation, via notamment la présence de start-ups et d'entreprises d'envergure, du Cines, du supercalculateur Adastra, actuellement le plus puissant de France et dans le Top 10 mondial.

Cet environnement collaboratif alimente la conception, l'expérimentation, le développement et l'évaluation de services numériques innovants basés sur l'IA, en tirant parti de l'expertise combinée d'acteurs industriels et universitaires.



Cette richesse permet aussi de former tous les publics sur les implications de l'IA, en promouvant une approche éthique et responsable.

Ce 22^e numéro vous propose donc naturellement de mieux cerner l'intelligence artificielle. Comprendre d'abord, dans la première partie consacrée aux méthodes, ce qu'est l'IA ; plonger dans ses réseaux de neurones, ses données et la meilleure façon de les sécuriser.

Aborder ensuite ses usages dans une seconde partie qui balaie une petite diversité d'applications possibles, allant de la création artistique à l'industrie en passant par la communication animale, la détection des fake news ou encore l'étude des glaciers. Un tout petit aperçu des possibilités infinies de l'IA en matière de recherche.

Enfin, la troisième partie questionne les usages sociaux de l'IA, ses apports pour le débat par exemple. Ses limites aussi car elle est une technologie très gourmande en énergie et en données. Une partie qui pose aussi la question prégnante pour nous de la place de l'IA dans l'enseignement supérieur et de son bon usage par les étudiantes et étudiants.

Je vous souhaite une bonne lecture de ce 22^e numéro du magazine *LUM*.

Philippe Augé,
Président de l'Université de Montpellier



Méthode

6

« À chacun sa définition de l'intelligence artificielle ! »

8

Pas d'IA sans humain

10

L'IA symbolique repose, elle, sur le raisonnement humain

12

Vers des données mieux protégées



Usage

14

Créativité naturelle

18

Intelligence Animale

19

Veni, vidi, industrie

20

Des prédictions en béton

21

Quand l'IA passe, les fake news trépassent

22

À la recherche des glaciers perdus



Limites

24

Entrez dans Aren

26

Une IA générative... de fracture ?

28

La boulimie énergétique de l'IA : un mal pour un bien ?

30

Gouverner les données



Retrouvez les podcasts de l'UM ! Avec À l'UM la science et Lumlu ne ratez rien de l'actualité scientifique de l'Université de Montpellier et de ses partenaires.

f t y p i #umontpellier

Rédaction // Lucie Lecherbonnier, Aline Périault, Magali Reinert
Conception graphique et mise en page // Caroline Macker, Thierry Vicente
Illustrations // Thierry Vicente
Impression // JF Impression - 96 rue Patrice Lumumba - 34 075 Montpellier
Tirage // 6 000 exemplaires - Dépôt légal // Octobre 2024 - ISSN // 2431-1480

Lum - magazine de l'Université de Montpellier
163 rue Auguste Broussonnet - 34 090 Montpellier - www.umontpellier.fr
Directeur de publication // Philippe Augé
Réalisation // Direction de la communication - communication@umontpellier.fr

METHODE

6
« À chacun sa définition de l'intelligence artificielle ! »

8
Pas d'IA sans humain

10
L'IA symbolique repose, elle, sur le raisonnement humain

12
Vers des données mieux protégées

METHODE

« À CHACUN SA DÉFINITION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ! »



Alors que l'IA est de plus en plus présente dans nos vies et dans nos imaginaires avec son cortège d'interrogations légitimes et de fantasmes, sa réalité technologique reste pour beaucoup d'entre nous opaque. Réseaux de neurones, apprentissage profond, algorithme... Petite revue de concepts avec Anne Laurent, directrice de l'Institut de sciences des données de Montpellier et vice-présidente déléguée à la science ouverte et aux données de la recherche à l'UM.



Techniquement, comment pourrait-on décrire le fonctionnement d'une IA ?

Le concept générique de l'IA fait référence à la capacité pour une machine de reproduire nos capacités cognitives (raisonner, apprendre, reconnaître, créer...). Mais on se focalise souvent sur l'apprentissage. L'idée est alors de faire apprendre une notion à une machine en l'entraînant à distinguer des situations à partir d'exemples, comme le font les humains. Il existe beaucoup de méthodes d'apprentissage. Les données d'apprentissage en entrée, les exemples, peuvent par exemple être des photos de grains de beauté. Le système doit alors distinguer en sortie s'il s'agit ou non d'un mélanome.

Mais que se passe-t-il entre cette entrée et cette sortie ?

Les méthodes d'apprentissage les plus puissantes actuellement reposent sur les réseaux de neurones avec des systèmes et des traitements très complexes. Les concepts de base sont similaires à la façon dont notre système neuronal fonctionne. Le signal d'entrée active un neurone avant d'être transmis au suivant et ceci sur plusieurs niveaux, on parle de couches de neurones. Entre l'entrée et la sortie, le système va décider de transmettre ou pas au neurone suivant, à quel moment le transmettre etc. pour accomplir sa tâche. C'est cela qu'on appelle l'apprentissage par réseaux neuronaux ou deep learning. Deep signifie

profond, parce qu'il y a beaucoup de couches de neurones et de connexions qu'il faut paramétrer. Pour que la machine accomplisse sa tâche avec succès, il faut donc l'entraîner avec des masses de données très importantes.

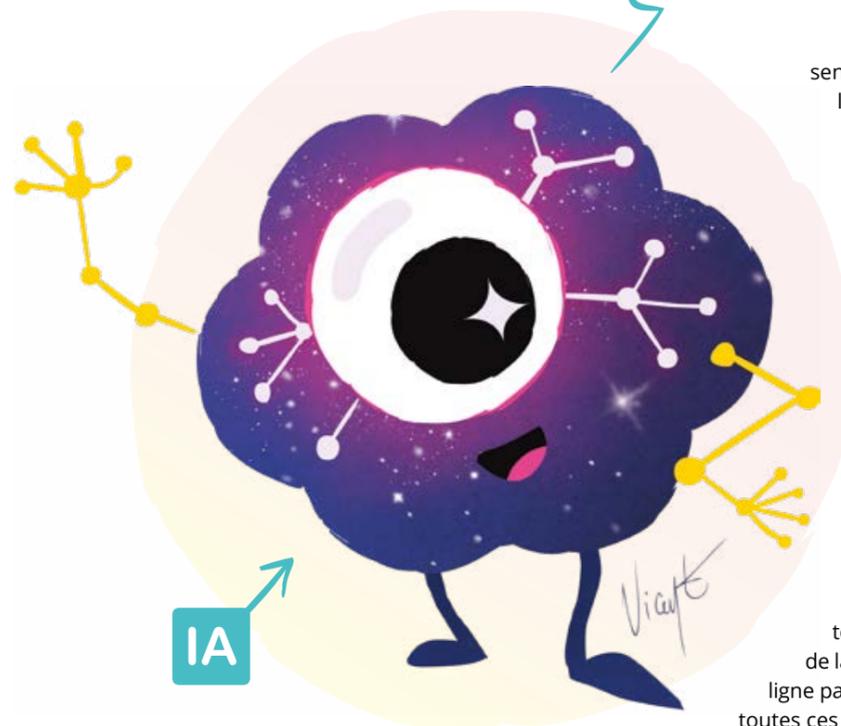
D'où viennent ces données ?

Quand on parle d'IA en recherche, ce sont des données de recherche issues par exemple d'instruments scientifiques d'imagerie, de séquençage ADN... Ces données sont produites soit par le chercheur ou la chercheuse qui utilise l'IA, soit par d'autres équipes qui ont travaillé sur le sujet et acceptent de les partager pour faire cet apprentissage. C'est là toute l'importance de la science ouverte.

Beaucoup de mathématiciens et d'informaticiens travaillent sur l'IA en créant de nouveaux algorithmes, qu'est-ce qu'un algorithme et quel est son rôle ?

Quand on veut faire faire quelque chose à une machine, il faut lui parler dans son langage, un langage de programmation : Python, Scala ou Java par exemple. Mais on ne code pas, on ne programme pas sans réfléchir. On commence par écrire un algorithme, c'est-à-dire écrire de manière formalisée, mais dans un langage compréhensible par un humain, la description conceptuelle des données utilisées et des opérations que l'on va faire faire à la machine, et les conditions dans lesquelles on va lui faire faire.

Hiha !



sensibilisent mieux les ados. L'IA générative contextualise et adapte le discours à la finalité demandée. Les IA nous fascinent car elles nous parlent à tous.

Quels sont les autres types d'IA présentes dans notre quotidien ?

Certaines IA sont dédiées à des tâches dites de « classification ». Je vous ai parlé des grains de beauté mais j'aurais aussi pu parler de Pl@ntNet, cette application montpelliéraine de reconnaissance des plantes qui peut les classer parmi les milliers de catégories existantes dans la taxonomie végétale. Il y a aussi les IA qu'on dit segmentantes, très utilisées en marketing pour catégoriser la clientèle sans idée préconçue. Il y a des IA qui planifient et qui vont, par exemple, aider à organiser les emplois du temps en résolvant des problèmes de combinaisons et de contraintes très complexes. D'autres font de la recommandation, sur des plateformes de vidéos en ligne par exemple... Il y a énormément de sous-catégories et toutes ces tâches vont être de plus en plus cachées. L'IA utilise de plus en plus de modèles et on ne s'en rend parfois même plus compte...

Si on devait définir l'intelligence artificielle, quelle pourrait être cette définition ?

Le terme d'IA est né en 1956, depuis il a eu une histoire, des évolutions, certaines sous-thématiques se sont développées plutôt que d'autres. Selon moi, pour définir l'IA, il faut reprendre la vision initiale des premiers pères fondateurs qui lui prêtaient la capacité à reproduire nos compétences cognitives : planifier, raisonner, décider, apprendre, sentir le monde, etc. Mais il faut aussi prendre en compte la rupture apportée récemment par les systèmes commerciaux d'IA générative. Ainsi pour beaucoup de personnes, IA égal IA générative ; pour d'autres, IA égal statistiques... A chacun sa définition de l'IA !

Depuis quelques mois, l'actualité de l'IA est saturée par Chat GPT, une IA générative. Qu'est-ce que c'est l'IA générative ?

C'est une forme d'IA qui permet de générer du contenu : du texte, de l'image, de la vidéo... Elle s'appuie sur l'entrée qu'on lui donne, à quoi elle ajoute tout ce qu'elle a réussi à apprendre dans son modèle. L'utilisateur peut l'orienter en lui donnant du contexte et une finalité. Il va lui demander, par exemple, de lui donner les causes du mélanome, mais en s'adressant à des adolescents qui vont passer leur été sur la plage, ou à leurs parents pour qu'ils

Une des questions centrales dans le développement de l'IA c'est celle du contrôle. Peut-on vérifier, expliquer le travail de l'IA ?

C'est un sujet très actuel parce qu'il faut faire les choses en toute responsabilité et cela nous est maintenant imposé par le règlement européen voté cet été. Une fois dit cela, il faut différencier des niveaux de contrôle. Les enjeux et les méthodes seront par exemple différents selon que l'on souhaite que l'utilisateur final soit capable de comprendre la décision de l'IA, ou que cette explicabilité se situe plutôt au niveau des experts, par exemple devant un tribunal. J'ai toujours une petite musique en tête qui me dit de ne pas demander à l'IA plus qu'on en demande aux humains. Il ne faut pas s'attendre à ce qu'elle ne fasse pas d'erreurs, pas parce qu'elle est imparfaite, mais parce que la vie n'est pas binaire.



Lire la suite de cet entretien « À chacun sa définition de l'intelligence artificielle » sur le site de l'Université de Montpellier.

PAS D'IA sans humain

Des ordinateurs capables d'apprendre, ce n'est plus de la science-fiction, c'est du machine learning. Et pour apprendre, les machines ont besoin que l'homme leur fournisse des quantités colossales de données. Pour s'assurer de leur qualité, le statisticien Joseph Salmon mise sur la coopération.

Comment les voitures autonomes savent-elles lire les panneaux indicateurs ? Comment un smartphone peut-il reconnaître le chant du rossignol ou la feuille d'un chêne ? Si tout cela est désormais possible et même courant, c'est grâce au machine learning, ou apprentissage automatique. « C'est la base même de l'intelligence artificielle », explique Joseph Salmon, chercheur en statistiques à l'Institut montpellierain Alexander Grothendieck*.

Pour être capable de différencier le rossignol de la mésange ou le chêne du peuplier, l'ordinateur a dû « regarder » beaucoup de feuilles d'arbre ou « écouter » beaucoup de chants d'oiseaux. Ces images et ces sons, ce sont les données, le nerf de la guerre de l'IA. « L'apprentissage automatique demande de grandes quantités de données pour fonctionner correctement, notamment dans les tâches de classification. »

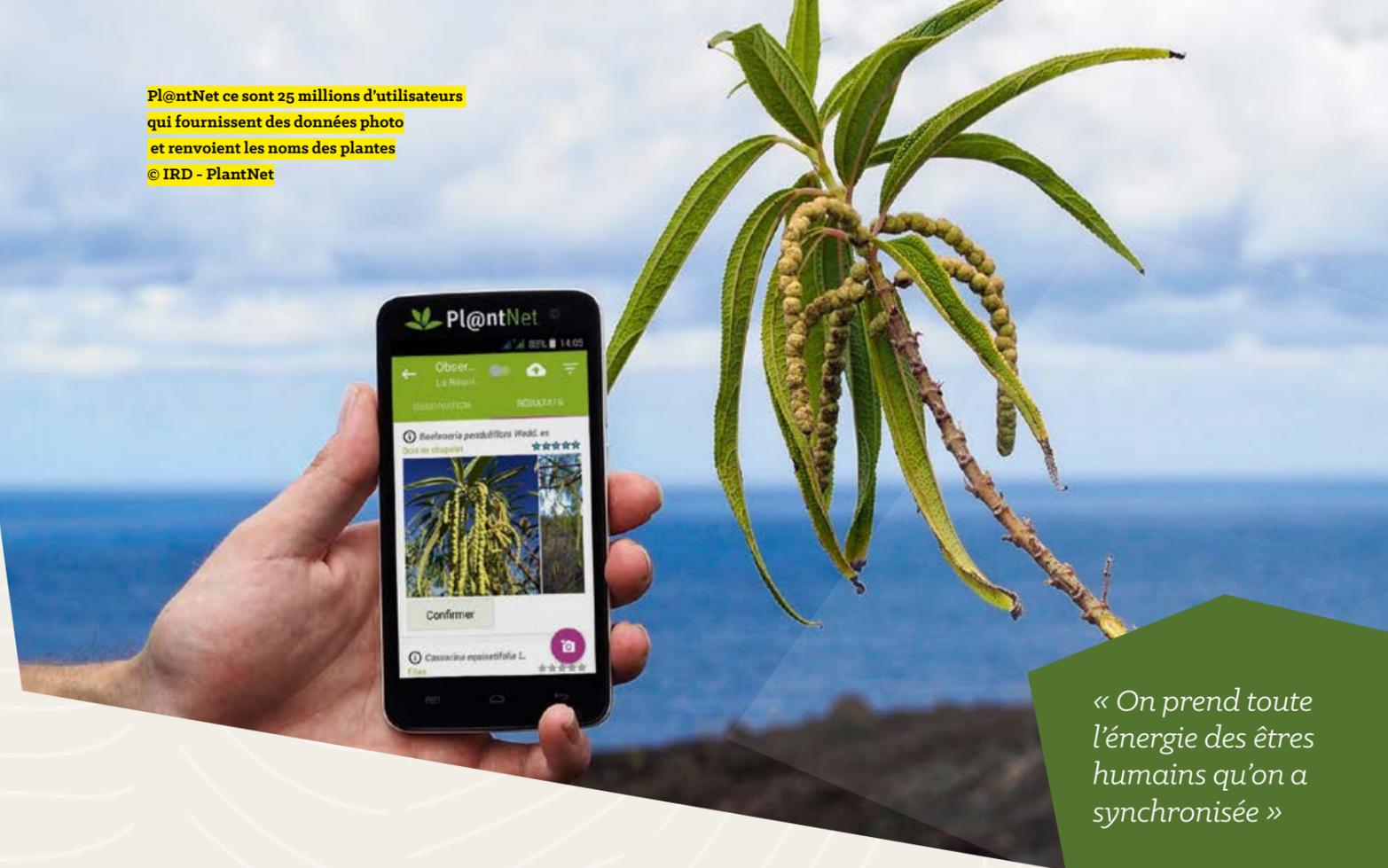
Et la qualité de ces informations que l'on appelle des données d'entrée est cruciale pour la réussite des tâches à accomplir. « Garbage in, garbage out », résume le spécialiste. Déchets à l'entrée, déchets à la sortie. Autrement dit fournir à l'ordinateur des données défectueuses ou absurdes donnera lieu à des réponses tout aussi absurdes de sa part. Pour illustrer cet aphorisme d'informaticien, Joseph Salmon cite un exemple connu, celui de Barack Obama qui aurait été reconnu par une IA comme étant un singe. En cause : la base de données utilisée par les algorithmes de reconnaissance qui contient pour l'essentiel des visages de personnes blanches.

Pas d'IA sans coopération

Alors pour s'assurer de disposer de données de qualité en grande quantité, Joseph Salmon mise sur la coopération. En 2019, il a obtenu une chaire de recherche et d'enseignement en intelligence artificielle financée par l'ANR. Avec Camelot, c'est son nom, le chercheur et ses collaborateurs souhaitent notamment relever les défis de l'identification de la biodiversité par la science participative et le crowd-sourcing, autrement dit le fait de faire appel au grand public pour obtenir des données.

Une stratégie déjà mise à profit pour développer l'application de reconnaissance Pl@ntNet, un projet de science citoyenne conçu pour identifier automatiquement les plantes grâce à des photos auquel Joseph Salmon a participé. « Pl@ntNet ce sont 25 millions d'utilisateurs qui fournissent des données photo et

Pl@ntNet ce sont 25 millions d'utilisateurs
qui fournissent des données photo
et renvoient les noms des plantes
© IRD - PlantNet



« On prend toute l'énergie des êtres humains qu'on a synchronisée »

renvoient les noms des plantes. Le crowd-sourcing permet de synthétiser et d'utiliser toutes ces connaissances », souligne le statisticien pour qui « il n'y a pas d'IA sans coopération ». D'ailleurs pour le chercheur l'intelligence artificielle n'a finalement rien d'artificiel. « On prend toute l'énergie des êtres humains qu'on a synchronisée, l'IA fait juste le lien d'un effort collectif. »

Réseau de neurones

D'ailleurs apprendre à apprendre, ce n'est rien d'autre que ce que fait le cerveau humain. Pour prêter ce pouvoir aux machines, les mathématiciens et statisticiens mobilisés sur ces problématiques s'inspirent justement du fonctionnement cérébral afin d'en mimer les processus d'apprentissage. « L'outil mathématique utilisé s'appelle un réseau de neurones. On peut combiner des dizaines voire des centaines de couches de neurones, chacune recevant et interprétant les informations de la couche précédente. On parle alors de deep learning, ou apprentissage profond », explique Joseph Salmon. Les mathématiques permettent ici de créer un algorithme visant à minimiser l'erreur. « Le réseau de neurone est une fonction mathématique qui part d'une image à l'entrée et doit donner un nom à la sortie, ce qui nécessite de programmer des fonctions gigantesques », explique Joseph Salmon.

Reconnaissance de caractères

À la fin des années 90, la première application importante du deep learning fut la reconnaissance automatisée des chèques bancaires. Le principe est simple : l'ordinateur doit reconnaître automatiquement la somme, écrite à la main en chiffres et en lettres, sur chaque chèque. Le travail que cela demande est lui complexe, car des chiffres écrits à la main ne seront jamais tout à fait identiques. « Pour faire en sorte qu'un ordinateur soit capable de reconnaître un

chiffre manuscrit il a fallu lui fournir un gros paquet d'images annotées. Dans ce jeu d'apprentissage, l'ordinateur doit donner la bonne réponse en minimisant les erreurs », explique le statisticien.

Lors de l'apprentissage, l'algorithme vise à diminuer l'écart entre les résultats obtenus et les résultats attendus pour affiner sa reconnaissance. Un fonctionnement qui s'apparente à celui du cerveau capable d'analyser une multitude d'informations imprécises en elles-mêmes et d'interpréter leur combinaison pour au final reconnaître à coup sûr un 2 comme un 2. Ou une feuille de chêne comme une feuille de chêne. 

*Imag (UM, CNRS, Inria)

L'IA symbolique

repose, elle, sur le raisonnement humain

Logique et frugale, l'IA symbolique, n'a pas dit son dernier mot face au machine learning qui aujourd'hui s'impose dans le domaine informatique. Les chercheurs et chercheuses du Lirmm* parient sur l'hybridation de ces deux IA.

Au XX^e siècle, l'IA n'avait pas besoin de se dire symbolique. Nées dans les années 1950, les méthodes basées sur des représentations abstraites de haut niveau, dites « logiques », dominaient la recherche en IA. Mais depuis une dizaine d'années, avec le développement de la puissance de calcul des ordinateurs, des masses de données disponibles et de nouveaux algorithmes, l'IA neuronale – en référence aux réseaux de neurones – a pris la première place. À partir de 2012, l'IA historique a dû se différencier de cette nouvelle forme d'IA : ce sera l'IA symbolique, parce qu'elle s'appuie sur des raisonnements qui mobilisent des symboles. Marie-Laure Mugnier, informaticienne au Lirmm*, vulgarise le paradigme dominant de cette IA : « Pendant longtemps, les travaux sur l'IA partaient du postulat que pour être intelligent, il faut tenir un raisonnement. Les chercheurs s'appuient sur la représentation de connaissances humaines dans des langages mathématiques qui permettent l'automatisation de raisonnements. » La chercheuse prend l'exemple d'un raisonnement déductif simple : Socrate est un homme, les hommes sont mortels, donc Socrate est mortel. Ces trois assertions sont liées entre elles par une chaîne logique que la machine peut reproduire.

Les premiers grands succès de cette IA ont été dans le domaine médical, pour exploiter des bases de connaissances de la médecine et en tirer rapidement des informations de diagnostic. « Le système expert MYCIN a été précurseur ; exploitant une base de connaissances d'environ 600 règles modélisant l'expertise d'un médecin, ce programme permettait d'identifier les bactéries responsables d'infections du sang, comme les méningites et de recommander des traitements

antibiotiques. Toutefois les premiers systèmes experts étaient assez empiriques, alors que les systèmes à base de connaissances actuels sont rigoureusement fondés sur des théories mathématiques comme la logique et les probabilités. » L'approche logique est très différente de celle du deep learning qui repose sur des calculs numériques complexes basés sur une énorme quantité de données. Une différence majeure puisque l'IA symbolique est par nature explicable, donc susceptible d'être compréhensible par les usagers.

Analogie avec le cerveau humain

« Des agronomes de l'Inrae sont venus nous voir au Lirmm justement pour en finir "avec les boîtes noires". On a ainsi travaillé sur un projet avec le laboratoire ABSys pour développer un système d'IA capable de les aider à concevoir de nouveaux systèmes agroécologiques », raconte Marie-Laure Mugnier. En exploitant les bases de données sur les plantes construites par les écologues et en formalisant sous forme de règles logiques des connaissances scientifiques sur les relations entre traits fonctionnels des plantes et services écosystémiques, l'outil permet d'identifier des espèces capables de rendre certains services écosystémiques. Une caractéristique cruciale de cet outil c'est qu'il peut justifier ses résultats. « En viticulture, on a testé en particulier l'identification de plantes capables de fixer l'azote, d'améliorer la structure du sol, ou de stocker l'eau, qui seraient intéressantes pour enherber les vignes. »

L'IA symbolique reste aujourd'hui très performante dans de nombreux domaines, par exemple pour la résolution de problèmes modélisés en termes de

systèmes de contraintes. « Ça peut être résoudre un sudoku mais aussi optimiser une chaîne de montage industriel automobile », souligne la chercheuse. Pour expliquer la différence entre les deux IA, elle propose une analogie en les comparant aux deux systèmes qui composent le cerveau humain d'après Daniel Kahneman, psychologue et Prix Nobel d'économie en 2002 : le système 1, rapide, inconscient, intuitif, utilisé pour la reconnaissance de formes, c'est l'IA neuronale, tandis que le système 2, plus lent, conscient, explicite, utilisé pour la déduction, c'est l'IA symbolique.

Des tâches complexes de haut niveau

L'IA neuronale a bouleversé l'approche informatique dans des domaines comme la reconnaissance d'images et de la parole, la traduction des langues ou la génération de texte. « Mais l'IA symbolique permet de réaliser des tâches complexes de haut niveau, qui restent nécessaires pour l'aide à la décision, la planification ou la délibération collective », pointe Marie-Laure Mugnier qui remarque en passant que l'engouement pour le machine learning appliqué à toutes les sauces montre ses limites si la masse de données sur laquelle tournent les algorithmes est insuffisante :

« je vois beaucoup d'étudiants qui, en stage en entreprise, développent des outils d'IA neuronale mais sur des jeux de données trop petits. Et ça marche mal ». Cette approche logique qui repose sur peu de données apporte un autre atout à l'IA symbolique : sa frugalité. Car c'est le traitement exponentiel de masses de données toujours croissantes qui est responsable de l'empreinte écologique de l'IA (lire page 28).

Au Lirmm, plusieurs travaux de recherche portent sur une IA hybride visant à combiner les deux approches. « Pour reprendre l'exemple des systèmes agroécologiques, on pourrait identifier les plantes poussant naturellement sur une parcelle grâce à la reconnaissance d'images de l'application Pl@ntNet puis utiliser notre outil d'IA symbolique pour déterminer quel est leur potentiel en termes de services écosystémiques », détaille Marie-Laure Mugnier. 

*Lirmm (UM, CNRS, Inria, UPVD, UPVM)

VERS DES DONNÉES MIEUX PROTÉGÉES



Si les données sont la matière première de l'intelligence artificielle, elles sont parfois particulièrement sensibles, notamment dans le secteur de la santé. Comment concilier IA, confidentialité et souveraineté ? Pour Aurélien Bellet, chercheur à l'Institut Desbrest d'épidémiologie et de santé publique*, la solution passe notamment par l'apprentissage fédéré.

Pour inclure un grand nombre de patients dans les études cliniques et les rendre ainsi plus significatives, la recherche a recours à des études multicentriques. C'est-à-dire qu'elles impliquent plusieurs hôpitaux ou cliniques en même temps, parfois même dans plusieurs pays différents. Avantage : cette méthode permet de réaliser de vastes études sur des patients d'origine sociale ou géographique variée.

Partager sans partager

Une organisation qui présente aussi un inconvénient : les études multicentriques nécessitent de réunir sur un serveur des données de santé provenant de plusieurs établissements, « ce qui ne permet pas de garder le contrôle des données, et pourrait aussi mettre en péril leur confidentialité », détaille Aurélien Bellet, chercheur à l'Idesp. Comment la recherche médicale peut-elle mettre en œuvre ces collaborations en réduisant le risque que des informations sensibles soient divulguées ? Une des solutions consiste à partager... sans partager. C'est l'apprentissage fédéré. « Cela permet de traiter les données de chaque établissement sur place, sans devoir les échanger, les céder ou les transmettre », explique le spécialiste de l'apprentissage fédéré.

Pour relever ce défi, les chercheurs créent des algorithmes d'apprentissage capables de fonctionner à partir de données stockées localement et non pas centralisées sur un serveur comme c'est le cas avec les méthodes habituelles de machine learning. « Ce sont alors les résultats intermédiaires de cet apprentissage qui sont échangés au fur et à mesure, et non plus les données elles-mêmes. On alterne ainsi apprentissages locaux et agrégations des résultats », précise Aurélien Bellet qui collabore notamment avec les CHU de Lille, Caen, Amiens et Rouen.



Démocratisation

Pour favoriser la confidentialité et le respect de l'éthique médicale, l'apprentissage fédéré « est une partie de la solution, même s'il n'est souvent pas suffisant pour garantir la confidentialité des données », explique le chercheur dont l'équipe collabore également avec la Commission internationale informatique et liberté (CNIL) autour de la question complexe de la protection des données.

Car les avantages de l'apprentissage fédéré vont bien au-delà du domaine médical. « Cela peut aussi intéresser les entreprises qui souhaitent collaborer avec des concurrents sans leur donner accès à certaines informations sensibles », ajoute Aurélien Bellet qui voit aussi dans l'apprentissage fédéré une opportunité de rendre l'IA plus accessible. « C'est une forme de démocratisation de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique, car il ne nécessite pas d'investir dans une grosse infrastructure, ouvrant ainsi la voie à des utilisations collaboratives, par exemple par des collectifs de citoyens. » ^{AP}

* Idesp (Inserm, UM)

U S A G E

14
Créativité naturelle

18
Intelligence Animale

19
Veni, vidi, industrie

20
Des prédictions en béton

21
Quand l'IA passe, les fake news trépassent

22
À la recherche des glaciers perdus

USAGE

CRÉATIVITÉ

naturelle

Combiner l'apprentissage statistique et la biologie moléculaire pour mieux comprendre la régulation du génome, c'est le but de Charles Lecellier, chercheur à l'Institut de génétique moléculaire de Montpellier* et au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier**. « Dans le cadre des actions de sensibilisation que nous menons, nous avons voulu illustrer l'idée qu'actuellement les algorithmes de machine learning sont limités par les données d'apprentissage », souligne le chercheur.

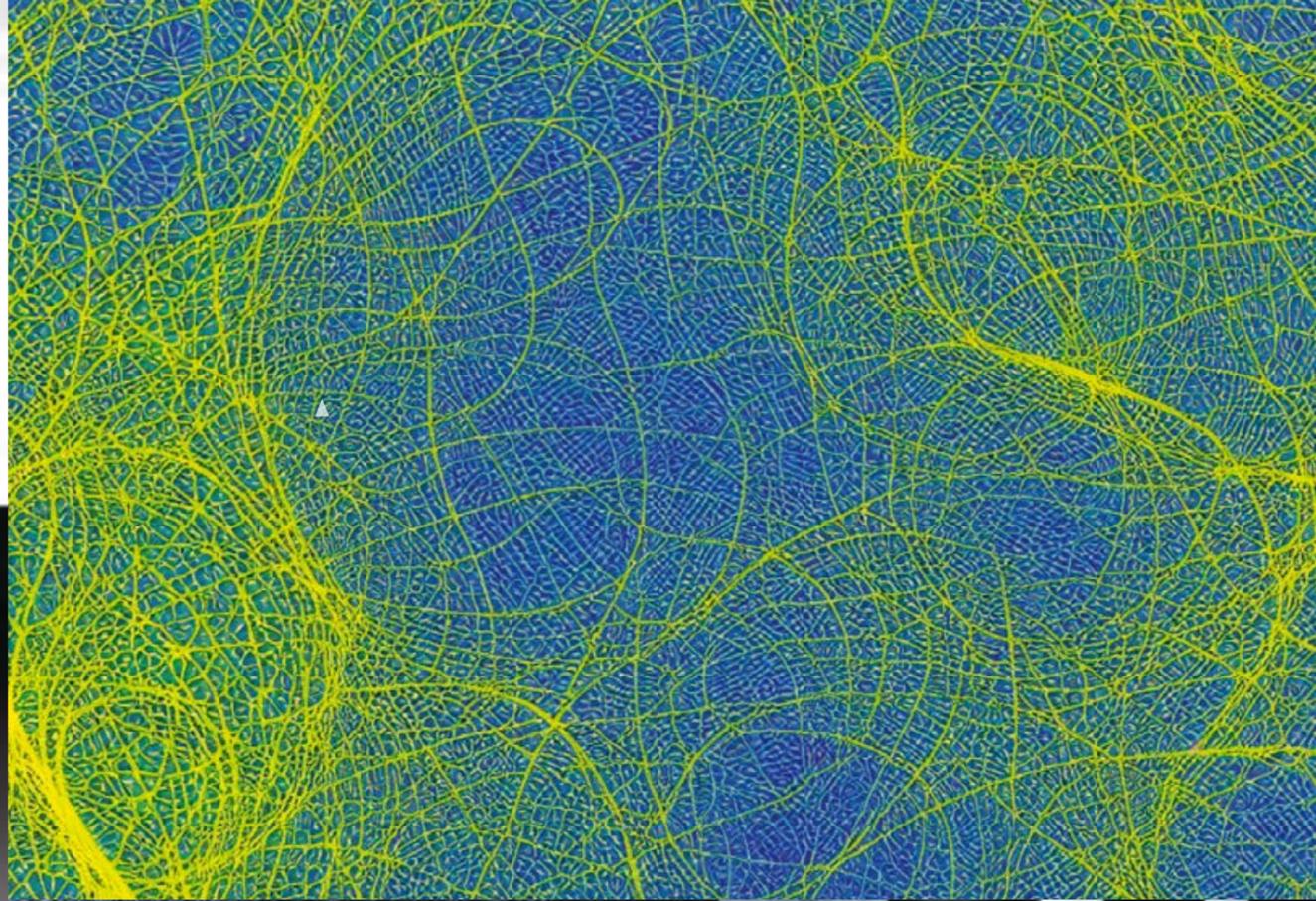
Charles Lecellier fait alors appel à Harald Schmidt, scientifique et photographe qui s'intéresse de près à l'intelligence artificielle. « Dans mon travail photographique, j'utilise, outre l'argentique et la photographie numérique, l'informatique générative, principalement comme assistant d'abstraction. »

Avec l'avènement de l'IA générative en 2022, Harald Schmidt a découvert « une technologie nouvelle et fascinante pour créer des abstractions photographiques ». Une technologie qui ne remplace en rien le photographe : « La plupart des travaux dans lesquels j'ai appliqué l'informatique générative ont commencé par un véritable acte photographique, pris avec un appareil numérique ou avec une technique analogique, pour créer des assemblages, des compositions, des mosaïques. »

Le chercheur et le photographe soulignent que l'IA intervient sur des images générées par l'être humain et ne met pas directement en œuvre un processus créatif. « L'IA n'est qu'une reproduction de la moyenne de ce qu'elle a appris. Vous ne pouvez pas lui dire : sois créatif, vous devez lui donner des pistes. Mais cela crée des choses assez surprenantes malgré tout », précise le photographe. « L'idée globale c'est que l'intelligence artificielle ne fait pas de création, elle nous donne juste ce qu'on lui demande de nous donner, mais la créativité humaine reste essentielle et irremplaçable », conclut Charles Lecellier. 

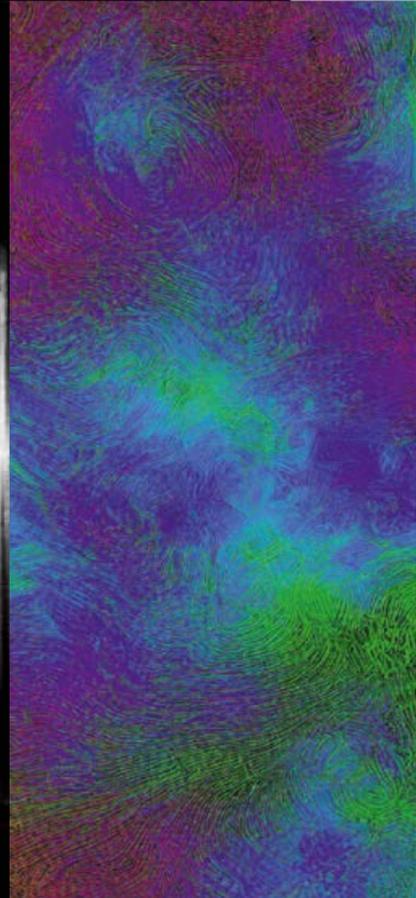
* IGMM (UM, CNRS)

** Lirmm (CNRS, UM, INRIA, UPVD, UPVM)



Images de techniques mixtes résultant de l'expérimentation de l'application de techniques de calcul génératif à des œuvres photographiques réelles comme assistant d'abstraction.

Les images de fond colorées sont des interprétations artistiques des titres de publications scientifiques de Charles Lecellier et de son équipe, créées avec le soutien de techniques de calcul génératif.



Intelligence Animale

✓ Les mécanismes de la perception animale restent un mystère et leur étude se fait parfois au détriment du bien-être des sujets. Et si l'intelligence artificielle nous permettait de modéliser cette perception pour l'étudier in silico ? C'est l'hypothèse que Julien Renoult, chercheur au centre d'écologie fonctionnelle et évolutive*, expérimente auprès de mandrills dans le cadre du projet Wildcom AI.

Favoriser la famille, donner comme on dit « un coup de piston », n'est pas propre à l'humain. Le népotisme est une pratique observée chez de nombreuses espèces animales parmi lesquelles les mandrills, des primates vivant en sociétés matriarcales centrées sur les mères. « On constate chez les mandrills une affiliation plus forte entre les demi-sœurs paternelles, qu'entre celles qui partagent la même mère », explique Julien Renoult, chercheur au CEFÉ. Cette observation est étonnante car chez cette espèce, les mâles vagabondent entre les groupes, réalisant des saillies clandestines. Comment les mandrills peuvent-ils alors avoir une connaissance si fine de leur niveau d'apparentement paternel ?

Sous la peau de singe

L'hypothèse d'une reconnaissance de la parenté basée sur la ressemblance faciale apparaît comme la plus évidente, mais elle n'a jamais pu être quantifiée malgré de nombreuses expérimentations, comme l'explique l'écologue. « On définissait des caractéristiques à la main, on mesurait la distance entre les yeux, etc. Des critères simplistes qui sont accessibles à notre conscience mais qui ne représentent pas du tout la réalité du traitement de l'information par notre cerveau... » Et encore moins par le cerveau d'un mandrill.

Décidé à découvrir ce qui se passe sous la peau de singe sans avoir à la toucher, le chercheur a une idée : entraîner une IA pour qu'elle apprenne à traiter l'information, sur le modèle du cerveau de ces primates. « Lorsque nous entraînons une IA à reconnaître comme similaires des images que nous humains trouvons similaires, elle constitue un espace de représentation corrélé au notre. Elle va, par exemple, être victime des mêmes illusions d'optique que nous, explique Julien Renoult. Une IA capable de prédire la ressemblance perçue par les mandrills reproduira donc le mode d'encodage de cette espèce. » A condition d'être entraînée pour...

Boîte noire

Et c'est au Gabon que Julien Renoult et ses doctorants ont pu rassembler la matière pour tenter l'expérience. Grâce au concours de Marie Charpentier, chercheuse à l'Issem et directrice du Mandrillus project, ils ont eu accès à la seule population au monde de mandrills sauvages habitués à l'humain. Un groupe de 350 individus que les membres de l'équipe ont photographié pendant 4 ans, compilant plus de 80 000 portraits. Une base de données que le chercheur utilise pour entraîner son IA à reconnaître des mandrills à leur visage. « Je lui donne des dizaines de photos différentes du même mandrill, en lui disant qu'il s'agit du même individu. Grâce au réseau de neurones, l'IA dispose de milliards de paramètres pour trouver les informations pertinentes et établir la ressemblance, comme le ferait le cerveau d'un mandrill. »

Ainsi entraînée, l'IA a pu établir des niveaux de ressemblance entre individus différents et confirmer par exemple, qu'il existait bien une plus grande ressemblance physique entre les demi-sœurs paternelles qu'entre les demi-sœurs maternelles, ce qui pourrait expliquer la plus grande affiliation observée. Mais si l'IA semble bien décrire une réalité biologique, le mécanisme par lequel elle opère lui, reste pour le moment opaque. « C'est vrai que l'IA est une boîte noire car je ne sais pas sur quoi elle se base pour déterminer ces ressemblances mais ce n'est pas une limite de l'IA, argumente Julien Renoult. La limite c'est notre capacité de compréhension, mais l'avantage d'une IA envisagée comme une sorte de cerveau artificiel c'est que nous pouvons l'étudier sans crainte de générer de la souffrance animale. » Malin... comme un singe ! 

* Cefe (CNRS, UM, IRD, EPHE, INRAE, Institut Agro, UPVM)

© Julien Renoult

VENI, VIDI, INDUSTRIE

✓ Nous sommes en 2024 après JC. Tous les secteurs sont occupés par l'intelligence artificielle... Tous ? Non ! L'irréductible industrie résiste encore et toujours à cette révolution. Une résistance que le mathématicien Bijan Mohammadi pourrait bien vaincre grâce à sa formule magique.

I l n'est ni druide, ni guerrier mais chercheur à l'Institut montpelliérain Alexander Grothendieck*. C'est en troquant le chaudron contre un ordinateur et les potions contre un algorithme, que Bijan Mohammadi a mis au point une IA unique au monde et convaincu des industriels tels que Renault de sa pertinence. « Elle utilise les signaux physiques comme le bruit ou les vibrations pour faire de la détection d'anomalie et de la maintenance préventive » explique-t-il.

Entendre le déchirement d'un minuscule connecteur en caoutchouc pour écarter la voiture défectueuse ou signaler l'usure d'une tête de fraiseuse en suivant les changements de vibrations, voilà le type d'application dont est capable cette IA. Pas de quoi casser 5 pattes à un sanglier diront certains sauf que... « Cela permet de produire jusqu'à 300 % de pièces supplémentaires avec la même tête de fraisage, ce qui représente un gain de plusieurs centaines de milliers d'euros par an et par chaîne de production » souligne le mathématicien « habitué à fréquenter le milieu industriel et sa logique ».

*IMAG



Bijan Mohammadi est lauréat des Trophées de l'innovation 2024 de l'UM. Retrouvez-le en vidéo.

IA et industrie : la zizanie

Gain d'argent, de temps et de qualité. Il n'en fallait pas moins pour convaincre ce secteur, car si on imagine l'IA régner sur l'industrie comme César sur la Gaule, il n'en est rien. Beaucoup de raisons expliquent cette réticence, à commencer par le manque de robustesse des IA classiques dont les architectures figées ne sont pas faites pour s'adapter à la variabilité des environnements sonores industriels. « On le constate avec les assistants vocaux des téléphones qui bugent si l'utilisateur a un accent un peu fort ou s'il y a un bruit de fond » illustre Bijan Mohammadi.

A cela s'ajoute le problème des données. Pour des raisons de souveraineté les industriels refusent de se tourner vers les Gafam pour partager les données nécessaires à l'entraînement d'une IA. Reste encore la question du passage à l'échelle industrielle et l'absence de preuve de retour sur investissement, bref... « Beaucoup de difficultés, peu de garanties, une équation qui ne plait pas dans le business » résume le mathématicien qui a donc fait le pari d'une autre formule.

Des lauriers de César à Bondzai

Été 2016 après JC, alors que la Gaule fait le tour d'elle-même, Bijan Mohammadi planche sur ses 12 travaux et élabore l'algorithme qui lui ouvre le domaine des dieux. Ce dernier substitue à l'architecture fixe des IA classiques, qui comporte un nombre déterminé et généralement gigantesque de couches de neurones, un générateur de neurones empilant en temps réel les couches comme une imprimante 3D. « C'est une sorte d'IA miniature qui crée sa propre architecture. L'avantage est double : elle a besoin de très peu d'exemples et s'adapte complètement à l'environnement dans lequel elle est placée. Elle est très fiable puisqu'elle n'implique que peu de paramètres spécifiques. »

Et qui dit peu de données, dit pas de cloud donc pas de problème de confidentialité et pas non plus de dépenses énergétiques colossales. « C'est une IA frugale qui tourne sur des processeurs classiques qui demandent très peu d'énergie et aucun investissement en termes d'infrastructure informatique. » Fiabilité, adaptabilité, rentabilité... Les ingrédients de la gloire commercialisée depuis 2021 par la start-up Bondzai dont Bijan Mohammadi(x) n'a pas fini de cueillir les lauriers. 

DES PRÉDICTIONS EN BÉTON

Confinement du réacteur, tours de refroidissement, piscines d'entreposage de combustible usé... dans une centrale nucléaire, le béton est omniprésent. Et soumis à de nombreuses contraintes : radiologiques, thermiques, chimiques, hydriques et mécaniques. Pour prédire l'étanchéité de ces installations, Yann Monerie, chercheur au laboratoire de mécanique et génie civil*, fait appel à l'intelligence artificielle.

Plus de 20 millions de tonnes de béton sont produites en France chaque année, pour construire des immeubles, des barrages, des ponts ou encore... des centrales nucléaires. Une installation à haut risque où ce mélange de sable, de ciment, de gravier et d'eau agit comme une barrière de confinement. Mais comment savoir si cette enceinte va rester étanche avec le temps ?

« L'étanchéité du béton est déterminée par la manière dont il va se fissurer. Plus le trajet de ces fissures est tortueux, moins les fluides s'écoulent facilement à travers, et donc plus il est étanche », explique Yann Monerie, chercheur au LMG^{*}.

Tortuosité

Pour déterminer cette tortuosité, il faut d'abord connaître les propriétés des différents composants du mélange, mais aussi savoir de quelle manière les granulats sont répartis dans le mortier. « Le béton n'est pas homogène et la distribution spatiale de ses différentes phases détermine sa fissuration », précise le spécialiste de micromécanique des matériaux qui collabore sur cette question avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

Car une fissure ne se propage pas au hasard, mais évolue de proche en proche d'un gravier à un autre. « Les interfaces entre les granulats et la matrice sont des zones faibles qui vont déterminer la propagation des fissures ». C'est cette trajectoire que les chercheurs et chercheuses veulent prédire pour mieux connaître les propriétés mécaniques de ce matériau.

De 4 mois à 3 secondes

Et pour réaliser ces prédictions, Yann Monerie et ses collaborateurs utilisent l'intelligence artificielle. « Nous avons mis au point un modèle qui permet la reconstitution statistique de la microstructure en trois dimensions à partir de coupes en deux dimensions », explique le chercheur.

Après avoir étudié des milliers de photos de coupe de béton et leur correspondance en 3D, l'IA leur permet ainsi de déduire à partir de simples images la taille et la forme des granulats ainsi que la façon dont ils sont répartis dans le ciment. Cette modélisation permet aux chercheurs d'établir une simulation numérique de propagation des fissures. « Sans le machine learning il faut environ 4 mois de calculs pour réaliser ces simulations, avec l'IA il faut 2 à 3 secondes ! »

Cette intelligence artificielle prédictive permet de prévoir la perméabilité d'une centrale à partir de simples plans de coupe des échantillons de béton. Et ces applications vont même au-delà du nucléaire : « avec cette méthode nous pouvons également connaître l'étanchéité des maisons qui sont construites sur un sol pollué par exemple », complète Yann Monerie. 

LMG^{} (CNRS, UM)

QUAND L'IA PASSE, LES FAKE NEWS TRÉPASSENT

Covid, vaccination, réchauffement climatique... Les sujets scientifiques sont omniprésents dans les grands débats, aussi et surtout sur les réseaux sociaux. Comment trier le bon grain de l'ivraie dans toutes ces affirmations ? Au Lirmm, on s'y attelle avec l'intelligence artificielle.

Loin d'être cantonnée aux revues spécialisées, la science infuse désormais les tweets, posts et commentaires en tout genre. « C'est un constat, la science fait totalement partie du discours sur les réseaux sociaux, tout le monde en parle, pour donner du poids à des arguments, ou en réaction à une anxiété dans la société », explique Konstantin Todorov, chercheur au laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier*.

Un constat qui en amène un autre : les faits scientifiques sont souvent présentés de manière simplifiée, décontextualisée et trompeuse. « Nous avons beaucoup observé ce phénomène notamment lors de l'épidémie de Covid-19 au cours de laquelle de nombreuses affirmations pseudo-scientifiques circulaient sur le web, propageant des biais ou des fausses informations, se souvient Sandra Bringay, chercheuse au Lirmm. Les mécanismes inhérents aux plateformes en ligne font que des déclarations controversées ou fausses génèrent plus d'interactions et d'intérêt », complète la spécialiste.

Lutter contre la désinformation

Comment dans ce contexte lutter contre la désinformation et améliorer la compréhension de questions scientifiques complexes ? Pour les deux chercheurs, la réponse passe par l'intelligence

artificielle. Avec Salim Hafid, étudiant en thèse au Lirmm, ils proposent une approche hybride d'IA dédiée à l'interprétation du discours scientifique en ligne. Leur objectif : détecter et classifier les affirmations scientifiques dans les données provenant des réseaux sociaux.

Dans le cadre du projet franco-allemand AI4Sci, ils disposent d'une immense base de données avec l'archivage de tous les tweets postés sur l'ancêtre de X, « un immense corpus auquel nous avons pu avoir accès grâce à une collaboration avec le laboratoire allemand Gesis, partenaire du projet », précise Konstantin Todorov. Des données que les informaticiens ont utilisées pour faire du machine learning, en recourant à ce que l'on appelle les larges modèles de langage, qui leur permettent d'associer des concepts au texte.

Donner des repères

« L'idée c'est d'apprendre à la machine à reconnaître une assertion scientifique, en vérifiant par exemple s'il y a des références, des publications, certaines combinaisons de mots, la qualité de la source... Et de la situer dans le contexte médiatique et scientifique qui les accompagne », précise Sandra Bringay. Et de vérifier si ces affirmations sont vraies ou fausses ? « Dans le discours public ce qui compte plus que de savoir si l'information est vraie, c'est de mieux cerner comment elle est utilisée, répond Konstantin Todorov. Le but c'est d'aller vers des outils qui donnent aux utilisateurs des flags, autrement dit des repères, pour faciliter les bonnes pratiques de lecture. »

Les chercheurs collaborent notamment sur ce projet avec des sociologues et des journalistes avec un objectif plus large : lutter contre les stratégies de manipulation et aider à créer un discours public et démocratique sain. 

*Lirmm (UM, CNRS, Inria, UPVD, UPVM)



Google, Landsat / Copernicus, © 2024 Maxar Technologies, CNES / Airbus, Airbus

À LA RECHERCHE DES GLACIERS PERDUS

✓ Pour étudier les glaciers, les géologues recourent aux images satellites. Un travail long et fastidieux qu'Isabelle Rocamora propose de simplifier en développant le tout premier modèle de deep learning dédié à la cartographie des moraines glaciaires.

La majorité des eaux douces à la surface de notre planète ne se trouve ni dans les rivières, ni dans les lacs, mais dans les glaciers. Si l'on en compte encore près de 200 000, beaucoup ont disparu et ceux qui subsistent fondent comme neige au soleil. Au cours du 20^e siècle, la surface glaciaire a en effet diminué de 30 à 40 % dans les Alpes, de 75 % dans les Pyrénées, et même au-delà de 80 % dans certains massifs tropicaux comme les Andes ou le Kilimandjaro.

Des glaciers qui en se retirant laissent tout de même une trace de leur passage : des formes géologiques appelées moraines. « C'est un amas de débris rocheux entraînés par le mouvement de glissement des glaciers et qui s'accumulent en bas et sur les côtés, explique Isabelle Rocamora. Comme quand vous poussez du sable avec votre main et que vous la retirez, elle laisse des bourrelets de sable devant et sur les bords », image la doctorante qui mène des travaux interdisciplinaires entre les laboratoires Géosciences Montpellier* et Tetis, sous la direction de Matthieu Ferry et Dino Ienco. Cartographier ces moraines donne donc de précieuses informations, notamment sur le recul des glaciers.

Automatiser les tâches

Une tâche nécessaire mais particulièrement chronophage : « pour établir cette cartographie nous allons faire des mesures sur le terrain et nous recherchons ensuite la présence de moraines glaciaires sur les images satellites qui donnent une vision plus large », explique la géologue. Afin de gagner du temps, elle propose d'automatiser cette tâche en ayant recours à l'intelligence artificielle. « J'ai développé un algorithme qui permet d'analyser les images satellites, c'est le premier modèle d'apprentissage profond dédié à la cartographie des moraines glaciaires. »

Pour apprendre à son logiciel baptisé MorNet à reconnaître une moraine d'une autre formation rocheuse, Isabelle Rocamora a commencé par établir une cartographie « à l'ancienne » avec des images satellites de l'Himalaya acquises par le satellite Pléiades du CNES. « J'ai ensuite donné ces cartes au logiciel en lui disant "ceci est une moraine" ou "ceci n'est pas une moraine". » Le modèle a ensuite déterminé les caractéristiques communes entre les échantillons afin d'apprendre seul à identifier une moraine sur des images satellites. « Un ordinateur ne "voit" pas les choses comme un humain, plutôt que de lui donner des réponses d'humain on va donc lui laisser trouver ses règles d'identification à lui », explique Isabelle Rocamora.

Informations contextuelles

Pour mesurer la performance de MorNet, la géologue a ensuite comparé sa propre cartographie à celle réalisée par l'intelligence artificielle. Si MorNet s'est montré efficace pour reconnaître les crêtes des moraines, il identifie moins bien ses flancs, donc le modèle sait où sont situées ces formations géomorphologiques mais ne sait pas bien les délimiter. Et pour cause, une moraine ne se définit pas juste par sa forme mais aussi par un modèle de formation et cela MorNet ne peut pas le voir, pour l'améliorer il faudrait donc lui donner des informations contextuelles. « Si le deep learning permet de gagner du temps, la cartographie nécessite toujours le regard d'un géomorphologue pour confirmer et affiner les conclusions de la machine », conclut Isabelle Rocamora. ^{ALP}

* GM (UM, CNRS, U Antilles)

LIMITES

24
Entrez dans Aren

26
Une IA générative... de fracture ?

28
La boulimie énergétique de l'IA : un mal pour un bien ?

30
Gouverner les données



Alors que les citoyens expriment de plus en plus de frustrations face aux limites de la démocratie représentative, l'intelligence artificielle pourrait permettre l'avènement d'une nouvelle agora où le débat rationnel servirait l'intérêt commun. C'est l'ambition du projet Aren et de sa plateforme de débat numérique qui croise mathématiques, informatique et philosophie politique.

« L'IA permet de sortir le débat de la pensée magique »

ENTREZ DANS AREN

Entre janvier et mars 2019, suite au grand débat national, plus de 10 000 réunions étaient organisées partout en France, 16 000 cahiers de doléances ouverts et près de 2 millions de contributions recensées sur le site dédié. Une logistique inédite et difficilement reproductible malgré l'enthousiasme des citoyennes et citoyens. « *Un des arguments qui justifie la démocratie représentative est l'impossibilité de faire discuter ensemble un très grand nombre de personnes* » constate Jean Sallantin, chercheur émérite au Lirmm* et fondateur de l'association Forum des débats pour le bien commun.

Le débat comme objet mathématique

Un obstacle que le débat numérique permet de contourner : plus besoin d'infrastructure physique, abolition de la distance, possibilité pour chacun et chacune de participer quand il ou elle le souhaite... Mieux : le débat numérique offre une plus grande égalité de parole et la possibilité de vérifier les arguments avancés. « *Subsidiarité, collégialité et transparence. Ce sont les trois ingrédients de la déontologie politique que ni les débats actuels ni les réseaux sociaux ne garantissent aujourd'hui* » affirme le mathématicien. Mais alors comment ouvrir ce débat sans tomber dans les mêmes travers que les réseaux sociaux où égo et sophisme l'emportent trop souvent sur l'intérêt général ?

En formalisant le débat comme un objet mathématique grâce à la médiation d'une intelligence artificielle. « *Le débat c'est la pensée en acte, ce n'est pas une pensée déjà constituée. Il n'y a aucun intérêt à débattre d'une certitude, on ne peut débattre que de ce qui n'est ni prouvé, ni réfuté.* » Pour construire un débat rationnel, entendu comme « *l'intelligence collective mise au service de la résolution d'un problème* » Jean Sallantin, s'est appuyé sur la logique et, avec ses collègues du Lirmm, a élaboré un système d'indexation des propos qui croise les formes de raisonnement avec les dispositifs de preuve.

La raison et la preuve

La logique détermine trois types de raisonnement de la pensée humaine : « *la déduction qui est la recherche des conséquences, l'induction qui est la recherche des relations et l'abduction qui est la recherche des causes* ». En face de ces types de raisonnement existent des dispositifs de preuve qui vont permettre de prouver ou réfuter. « *Je peux apporter des preuves formelles qui vont dépendre des représentations mentales, ou des preuves empiriques qui vont dépendre de l'expérience sensible du réel* » poursuit le chercheur.

Ces trois types de raisonnement croisés avec ces deux dispositifs de preuves donnent six logiques qui, combinées aboutissent à 36 modalités d'énoncés utilisées dans le discours scientifique : loi, méthode, hypothèse, événement, définition, principe, phénomène, théorie... Ces modalités que Jean Sallantin nomme « *des hypostases. C'est une construction toute bête, en mathématique on parle de théorie des catégories. Si on prend l'exemple d'une tornade, dans la liste des hypostases elle entre dans la catégorie phénomène qui correspond au croisement* » ne peut être prouvée par une déduction formelle » et « *ne peut-être réfutée par une induction empirique* ».

Hypostasia : mode d'emploi

Mais où intervient l'IA peut-on se demander ? L'IA, baptisée Hypostasia, va calculer grâce à des algorithmes caractérisés par l'application d'une forme de raisonnement et d'un dispositif de preuve. Autrement dit pour l'IA les hypostases sont reliées à des calculs, pas à des mots. Grâce à un système de boucle itérative, elle va indexer en temps réel les nouveaux mots ou ensembles de mots qui s'ajoutent au débat pour le structurer et le relancer. « *L'IA permet de sortir le débat de la pensée magique mais elle n'a pas la possibilité d'hypostasier un propos, cela reste la prérogative des participants. C'est ce qui garantit le label humain de notre plateforme.* » Autant de calculs dont l'utilisateur n'a évidemment pas conscience quand il veut réagir aux propos d'un participant sur la plateforme.

Concrètement, il lui sera d'abord demandé de reformuler ce propos, « *c'est une forme de politesse, une manière de dire qu'on a écouté l'autre* » précise Jean Sallantin. Pour partager un argument, l'étape suivante consistera à le qualifier par une hypostase. « *Tout le monde n'a pas conscience du mode de raisonnement qui est en jeu, nous avons donc un peu simplifié en proposant des catégories comme : quantitatif, qualitatif, explicatif...* » Les hypostases elles restent les mêmes, ainsi dans la catégorie « explicatif » on trouvera : loi, principe, théorie, hypothèse, définition etc. L'utilisateur pourra ensuite formuler son argument et le justifier.

Droit de parole

Cette plateforme testée depuis sept ans auprès de plusieurs lycées en France a permis à de nombreuses classes de se familiariser avec la pratique du débat numérique. Si l'expérimentation prendra fin en 2025, Jean Sallantin lui convie tous les citoyennes et citoyens à s'emparer de ces nouveaux outils pour que vivent le débat et la démocratie : « *les dictatures n'hésiteront pas à utiliser l'IA pour museler les individus, il est primordial que les démocraties s'en saisissent pour garantir à tous et toutes un droit égal à la parole* ». 

*Lirmm (UM, CNRS, Inria, UPVD, UPVM)

Lire : *Le débat numérique, le média d'un renouveau démocratique*, J.Sallantin, V.Pinot, D.Luzeaux et S.Jenny, 2024, Spartacus IDH.



Et si l'utilisation généralisée des systèmes d'IA générative (siag) dans la société comme à l'université venait accentuer la fracture entre une élite formée, consciente et critique et une majorité indifférente aux sources et à la vérité et potentiellement manipulée ? C'est un des scénarios inquiétant mais probable selon un panel de 40 expertes et experts dans une étude menée à Montpellier recherche management.

UNE IA GÉNÉRATIVE DE FRACTURE ?



30 novembre 2022, le grand public fait la découverte du robot ChatGPT et de ses potentialités mais aussi des controverses qu'il suscite immédiatement. Dès janvier 2023, New-York bannit l'IA générative de tous ses établissements scolaires. À Paris c'est Science-Po qui dégage le premier et en interdit le recours pour la production d'évaluations écrites ou orales. « *Partout cette arrivée fracassante a suscité le même débat : allons-nous pouvoir travailler avec l'IA ou devoir travailler malgré l'IA ?* » se souvient Florence Rodhain, chercheuse à MRM* et co-auteure d'une étude sur les impacts pédagogiques et stratégiques possibles des systèmes d'IA générative (siag) dans l'enseignement supérieur ?

Prompt oracle

Dès avril 2023, 40 expertes et experts francophones en IA, universitaires pour la plupart, acceptent de participer à une grande enquête Delphy. Inspirée de la Pythie de Delphes rendue célèbre par ses oracles, cette méthode vise à favoriser le

débat en soumettant à des experts des propositions qu'ils discutent et qui, par itération, les amènent à définir des scénarios prospectifs possibles. « *C'est une méthode développée au départ par l'armée américaine pour envisager la logistique du débarquement en 1944, rappelle Bernard Fallery, chercheur émérite à MRM et lui aussi co-auteur de l'étude. Elle est à la fois souple et précise, avec des jalons posés tout au long du processus.* »

Sur la base d'une recherche bibliographique large, les chercheurs ont formulé 20 propositions portant sur l'usage des siag et ses conséquences dans l'enseignement supérieur. Ils les ont ensuite soumises aux membres du panel en leur demandant d'exprimer leur degré d'accord ou de désaccord avec chacune

d'elles, puis lors d'un deuxième tour de les classer selon leur niveau d'importance. « *Ils avaient la possibilité de commenter ces propositions pour les faire évoluer, ce qui est souvent plus révélateur que les réponses elles-mêmes. En découvrant les réponses des autres après chaque tour, certains ont pu modifier leurs avis pour aller vers un éventuel consensus* » explique Florence Rodhain.

Trois petits tours et puis s'en font !

Les 40 experts sont tombés d'accord sur sept propositions, qu'ils ont aussi jugées importantes. Quatre peuvent être résumées par l'idée que les systèmes d'IAG vont définir de nouveaux modes d'apprentissage auxquels il faut former les élèves au plus vite, ce qui nécessite du

temps et des budgets. La nécessité de modérer les stéréotypes culturels dans l'entraînement des IA et le fait de ne pas stopper la recherche en IA font également consensus. « *Le septième point d'accord est plus inquiétant, alerte Florence Rodhain. Il exprime la peur de voir s'accroître une fracture entre une élite formée par des sources exigeantes de qualité et une majorité nourrie d'informations plausibles mais totalement indifférentes à la vérité, au mieux une soupe de fadaïses, au pire du bullshit ou des deep fakes* » souligne celle qui enseigne à Polytech et qui dit également partager cette crainte.

Les experts ont été en désaccord sur six propositions dont trois ont été jugées importantes. La première considère que les capacités de rédaction des siag ne

relèvent pas de la créativité. « *Là-dessus ils se sont écharpés. Nous voulions faire la distinction entre la création et la créativité mais certains considèrent qu'il n'y a pas de raison* » poursuit la chercheuse. Autre point de désaccord, l'obligation de certifier « sans siag » tout travail de recherche ou de médiation scientifique. Ou encore le risque que l'IA provoque une révolution cognitive en dissociant accumulation des connaissances et compréhension des phénomènes. « *ChatGPT peut apporter des réponses plausibles et convaincantes sur des sujets de haut niveau, elle peut certes prédire mais sans expliquer ni comprendre. Pour certains, y compris des scientifiques, ce n'est pas un problème, constate Bernard Fallery. Pour ma part, je continue à penser que la science progresse par modélisation et pas par prédiction.* »

De l'utopie à la dystopie

À partir de ces accords et désaccords, les chercheurs ont construit trois scénarios et les ont proposés aux experts en leur demandant, cette fois, de les classer comme probables ou improbables, souhaitables ou non souhaitables. Le scénario A, appelé « évolution », a été jugé le plus probable et le plus souhaitable. « *C'était le résultat attendu, les experts pensent que des processus de régulation progressive vont se mettre en place et que nous allons intégrer les siag dans nos apprentissages en limitant les risques* » détaille Bernard Fallery.

La surprise est venue du scénario C appelé « fracturations et contestations collectives ». « *En le rédigeant on s'est dit qu'on avait vraiment "chargé la mule", et pourtant la majorité des experts le trouve probable* » s'étonne Florence Rodhain. Reprenant la peur de la fracture, il anticipe le renforcement des exclusions et des discriminations liées à une appropriation très inégalitaire des siag « *C'est la menace d'une scission entre les étudiants de la France d'en haut qui auront acquis les fondamentaux, sauront se servir de l'IA pour s'augmenter, et tous les autres qu'elle aura privés de cette acquisition des savoirs de base et qui eux seront diminués par l'IA* » conclut la chercheuse.

MRM (UM, UPVD)

« *Allons-nous pouvoir travailler avec l'IA ou devoir travailler malgré l'IA ?* »

LA BOULIMIE ÉNERGÉTIQUE DE L'IA

Un mal pour un bien ?

✓ Le déploiement des IA contribue à la croissance rapide de l'empreinte écologique du numérique. Face aux critiques, le secteur vise des gains rapides pour atteindre la neutralité carbone. Des promesses qui doivent faire leur preuve.

Le déploiement des IA augmente l'empreinte écologique du numérique. Pas étonnant puisqu'une IA puise sa performance du traitement de masses de données toujours plus importantes, ce qui fait exploser les besoins de calcul. Avec, derrière, la multiplication des processeurs et des data-centers dont l'activité fait grimper la consommation d'énergie du secteur. Les besoins électriques pour faire tourner les IA et les cryptomonnaies devraient ainsi doubler entre 2022 et 2026, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

« La phase d'entraînement du modèle est la plus gourmande. L'entraînement de Chat-GPT 3 aurait consommé 1300 mégawattheures, soit 200 fois plus que la consommation annuelle d'un ménage français. Sachant que l'amélioration d'un modèle d'IA demande de répéter plusieurs fois cette phase d'entraînement... La requête, dite aussi phase d'inférence, est, elle, dix fois plus énergivore qu'une requête classique Google », précise Edmond Baranes, chercheur au laboratoire Montpellier recherche en économie (MRE*).

Une surenchère pour investir dans les IA

Cette consommation énergétique contribue à l'empreinte carbone croissante du secteur. Les émissions de gaz à effet de serre du numérique triple-raient d'ici 2050, selon le scénario tendanciel d'un rapport conjoint de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) et de l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep) de mars 2023. Et la frugalité n'est pas à l'ordre du jour. « Personne n'envisage une réduction de la consommation d'énergie du numérique », confirme Edmond Baranes. Une des raisons est que le modèle économique des géants du numérique, les MAMAA (Microsoft, Amazon, Meta, Apple et Alphabet) repose justement sur les données. « Il y a une surenchère pour investir dans les IA car les maîtriser c'est produire plus de données donc plus de valeur », explique l'économiste qui travaille depuis des années sur les marchés du numérique, plus particulièrement sur les relations entre les opérateurs Télécom et les fournisseurs de contenus numériques.

Face aux critiques de sa gourmandise énergétique, le secteur a deux paradés. D'abord, les innovations technologiques pour réduire la consommation des systèmes informatiques. « L'arrivée d'une nouvelle génération de processeurs moins gourmands que les GPU (TPU, NPU...), mais aussi l'amélioration des algorithmes - plus rapides et plus efficaces - va améliorer les performances énergétiques de l'IA », souligne Edmond Baranes. Pour autant, la consommation énergétique va continuer à augmenter notamment à cause « de l'effet rebond », un mécanisme connu qui décrit la poursuite des effets négatifs d'une technologie qui s'améliore. Le recours aux énergies renouvelables pour alimenter les data-centers est aussi largement mis en avant par les MAMAA. La neutralité carbone du secteur reste pour l'instant un vœu pieux. Microsoft s'engageait en 2020 à des émissions négatives en 2030, mais en 2024 ses émissions ont augmenté de 30 %.

Trouver les bons indicateurs

L'IA doit aussi contribuer indirectement à réduire nos consommations. Un rapport de l'OCDE de 2022 vante ainsi la « double transition » verte et numérique selon l'idée que les produits et services rendus par l'IA sont des sources de gains d'efficacité et donc d'économie d'énergie, en aidant à gérer les systèmes énergétiques (« smart grids ») ou en améliorant l'optimisation des réseaux de transport et de mobilité. Ces gains sont toutefois à mettre en regard d'autres effets négatifs du déploiement de l'IA, comme l'augmentation de certains usages « récréatifs », reposant largement sur la génération de textes, d'images et de vidéos, et qui consomment de plus en plus d'énergie. « Aujourd'hui, même si des réflexions se développent, l'expertise pour évaluer les gains énergétiques liés à l'IA n'est pas encore bien stabilisée. Une initiative de l'Ademe et de l'Arcep est justement de fournir une enquête annuelle pour un numérique soutenable afin de suivre l'évolution de la consommation énergétique du numérique. L'enjeu est en particulier de trouver les bons indicateurs et de les faire évoluer en fonction des avancées technologiques », pointe Edmond Baranes.

En attendant, le secteur ne fait l'objet d'aucune restriction très stricte sur sa consommation énergétique. « Il y a des orientations de politiques générales sur la responsabilité numérique des entreprises, avec des incitations qui peuvent être reprises dans leur RSE mais il n'y a pas d'objectifs de baisse de la consommation. Heureusement, des initiatives d'entreprises se développent autour du Green computing, de l'optimisation des centres de données ou encore des efforts en matière de conception durable des produits et de recyclage », souligne Edmond Baranes. L'Union européenne a voté un règlement sur l'IA fin mai 2024, première loi contraignante au monde sur l'intelligence artificielle. « Le texte dresse une liste des services numériques en degrés de risques mais la place accordée à la consommation énergétique est très limitée ».

Une tarification progressive des services numériques en fonction du volume de données utilisé ne semble pas non plus d'actualité. Même si les opérateurs Telecom doivent, eux, gérer la capacité des réseaux, et donc suivre l'appétit des fournisseurs pour le trafic de données. « Les quelques campagnes de sensibilisation pour inciter les usagers à pratiquer le streaming en heures creuses répond à ce souci des opérateurs. Mais aujourd'hui toute entrave à l'accès à Internet est difficilement audible, car ce serait pour beaucoup perçu comme une atteinte à une liberté fondamentale », conclut l'économiste.

*MRE (UM)

« Personne n'envisage une réduction de la consommation d'énergie du numérique »

GOUVERNER LES DONNÉES

L'intelligence artificielle repose sur l'existence de données en quantité et en qualité suffisantes. Mais comment s'assurer que la mise à disposition des données de la recherche se fasse dans le respect du droit ? C'est l'objet de la mission qui a été confiée à Agnès Robin par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Droit de l'IA

L'Union européenne a adopté, le 17 mai 2024, un règlement visant à garantir une IA respectueuse des droits fondamentaux. « C'est la toute première réglementation sur l'IA au monde, souligne Agnès Robin. Avant il n'y avait rien ! » Celle-ci introduit notamment la responsabilité qui peut résulter de la mise en œuvre des systèmes d'IA générative. « Il est désormais obligatoire d'organiser ce qu'on appelle l'explicabilité et la transparence algorithmique, autrement dit il faut pouvoir expliquer comment l'IA analyse les données, sur quelles données l'analyse est fondée et quelles sont les règles qui permettent éventuellement de prendre des décisions qui concernent les individus. » Ce qui est loin d'être toujours le cas.

Partage des données

Si la politique de science ouverte affiche une volonté très nette de mettre à disposition de la recherche un maximum de données, elle exige de le faire dans le strict respect des règles « aussi ouvertes que possible, pas plus fermées que nécessaire. A l'origine de la science ouverte, il y a l'idée que les données ne restent pas dans les disques durs alors qu'elles pourraient faire avancer la recherche en étant utilisées par d'autres » justifie la chercheuse.

Pour en assurer le partage, l'Union européenne s'est dotée d'un espace de données commun pour la science ouverte baptisé European open science cloud. Les données de santé font quant à elles l'objet d'une réglementation spécifique encore en cours d'adoption qui permettra à terme leur partage via l'European health data space. « Les enjeux sont énormes pour la recherche comme pour les patients » conclut Agnès Robin ! 

* Licem (UM)

« Dans un contexte scientifique, qu'il s'agisse de recherche en IA ou autre, l'enjeu est de bien identifier le cadre législatif et réglementaire applicable aux données que l'on veut réutiliser », explique Agnès Robin, enseignante-chercheuse au Laboratoire innovation, communication et marché (Licem*). Si le principe d'ouverture des données de la recherche est affirmé depuis 2012, il comporte néanmoins des limites. La première est justifiée par la protection des données à caractère personnel. Un historien qui fouille les archives par exemple, pourra vouloir exploiter des données de l'état civil. « Le chercheur ne pourra diffuser les données issues de sa recherche qu'après anonymisation » explique la juriste.

Plateforme de ressources juridiques

S'il s'agit de données protégées par le droit d'auteur ou le droit *sui generis* des bases de données, il devra obtenir l'accord des titulaires de droits, « sauf s'il s'agit de fouille de textes et de données puisque c'est là une opération qui a fait l'objet d'une exception en 2019 ». Enfin, les données qui sont couvertes par un secret (secret défense, secret médical, secret des affaires, etc.) « disposent d'une protection absolue et ne peuvent faire l'objet d'une mise à disposition, sauf à passer par un tiers de confiance ».

Ces trois types de contraintes entraînent des effets différents auxquels il est nécessaire de prêter une attention très forte. Aussi, « l'objet de ma mission est de mettre à disposition des chercheurs et des services d'appui à la recherche, une plateforme qui les aide, en leur fournissant des informations juridiques précises, à analyser les jeux de données qu'ils utilisent ou qu'ils produisent », explique Agnès Robin.

Mathéo, 10 ans. Futur champion de tennis.



Est-ce que je peux faire mes devoirs avec ChatGPT ?

Dimanche soir 21 h, Natacha s'aperçoit qu'elle a oublié de rédiger le paragraphe argumenté sur la manière dont la Première Guerre mondiale a transformé le paysage politique et économique mondial. Une longue nuit blanche s'ouvre devant elle... à moins qu'elle ne demande à ChatGPT de l'aider à faire ses devoirs ! Est-ce que ce serait judicieux ?

ChatGPT est un agent conversationnel, c'est aussi la plus populaire des intelligences artificielles dites génératives. ChatGPT a été entraîné avec une base de données géante pendant plusieurs années dans l'objectif de générer les réponses les plus probables en fonction de ce qu'il a appris.

Natacha peut donc lui demander de l'aide pour gagner du temps. ChatGPT lui proposera un plan pour organiser les idées, et au lieu de relire ses cours et chercher sur Internet, elle aura accès à des informations provenant d'une large base de données. Elle pourra même lui faire corriger son texte. Bref, ChatGPT peut être utilisé comme un assistant de recherche et de rédaction.

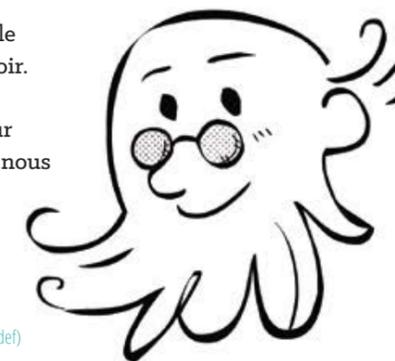
Même si ChatGPT a toutes les apparences de l'intelligence, c'est un outil qui a des limites auxquelles il faut être vigilant. Un premier problème est lié aux données d'entraînement : elles sont produites par des humains et donc elles contiennent de multiples biais et stéréotypes. Ensuite, ChatGPT donnera toujours une réponse : il ne sait pas dire qu'il ne sait pas. Dans ce cas, il inventera une réponse tout à fait vraisemblable, mais complètement fautive, c'est ce qu'on appelle des hallucinations. C'est pourquoi il faut toujours vérifier que les réponses données sont vraies.

Pour utiliser efficacement ChatGPT, il faut suivre quelques règles simples : bien formuler sa question ; comparer les réponses avec d'autres sources fiables ; ne pas copier le texte tel quel, mais le reformuler avec son propre style.

En somme, ChatGPT peut être un allié précieux pour Natacha, mais elle doit le considérer comme un appui et non comme une réponse toute faite à son devoir. Garder un esprit critique tout au long du processus, analyser soi-même les informations et construire son propre raisonnement sont indispensables pour produire un travail de qualité. ChatGPT est là pour nous épauler, mais c'est à nous de rester maîtres de notre apprentissage et de notre réflexion.

Anita Messarui – chercheuse au Laboratoire interdisciplinaire de recherche en didactique, éducation et formation (Lirdef)

Un article en partenariat avec le site *The Conversation*





UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER