

# Savoir(s)

N° 47 | décembre 2023

le magazine d'information de l'Université de Strasbourg

## IA : aux frontières de l'intelligence ?



IA: Intelligence artificielle

## Invité de la rédaction

- 4 Une intelligence artificielle de plus en plus humaine

## Recherche

### La production scientifique interrogée

- 8 « Une réglementation pionnière de l'IA par l'Europe »
- 11 Au service du développement durable
- 13 Ancrer les langues « peu dotées » dans la modernité
- 14 Un outil voué à bouleverser la production scientifique ?
- 15 IA et respect de la vie privée : le droit en tant qu'arbitre
- 17 « J'ai testé ChatGPT sur le concerto pour clarinette de Mozart : rien n'est juste »
- 18 Une aide pour plus de sécurité au bloc opératoire
- 19 Les modèles, pour prédire et soigner
- 20 « Dans la banque l'IA ne doit pas avoir le dernier mot »
- 21 Pour une IA au service de la créativité

## Formation

### L'intégration des sciences des données

- 22 Enseignement et IA génératives : apprendre à vivre ensemble
- 24 Une offre de formation coconstruite avec le monde socio-économique
- 26 L'IA s'invite dans de nombreuses disciplines

- 27 « L'interdiction est une non réponse »

- 28 Coller aux réalités

- 29 Ingénieur chimiste passionné de data

## Vivre ensemble

### Favoriser l'esprit critique

- 30 Les multiples formes de l'intelligence
- 32 Une IA peut-elle être éthique ?
- 34 « Chat GPT ne nourrira jamais l'esprit critique des étudiants »
- 35 IA et santé, des avancées spectaculaires en perspective
- 37 « Nous risquons de voir des troubles de l'adaptation »

## Et ailleurs

### En synergie avec le monde socio-économique

- 38 En phase avec les besoins des entreprises
- 40 Regard du Japon
- 41 La start-up Weewio contre les incendies
- 42 Un allié pour décupler les potentiels en R&D
- 44 La plateforme Gaia aide à concrétiser le monde numérique

## Patrimoine

### Une ressource d'hier et de demain

- 46 Apprendre dans des mondes virtuels ?
- 48 L'humain va continuer à créer
- 49 Les machines à calculer, de la mécanique au numérique

À chaque progrès de la science, à chaque nouvelle révolution technologique, c'est inlassablement la même question qui se pose. Était-ce bien nécessaire ? Le faut-il ? La mise sur le marché de la première version grand-public de ChatGPT à l'automne dernier n'a pas manqué de raviver les débats. Rappelons d'abord que ce débat n'est pas nouveau : Rabelais exhortait déjà la science à agir avec conscience. Plus près de nous, la sortie du film *Oppenheimer* à l'été dernier nous a rappelé le cas de conscience qu'a posé la confection de la première bombe atomique.

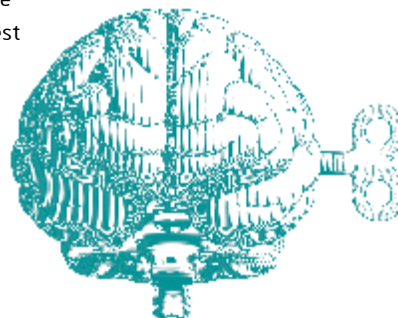
À intervalles réguliers, dès que le progrès s'imisce dans notre quotidien, dès qu'il y devient visible, comme une « émergence » soudaine de la science dans nos vies, nous nous interrogeons sur la place et le rôle de la science.

Si ce questionnement a sa pertinence, il ne touche pourtant pas au cœur du problème. La science n'est que le produit de notre propre culture, la résultante de notre propre rapport à un monde que nous nous sommes donné pour mission d'expliquer rationnellement. Il s'agit là d'un paradigme civilisationnel, qui place la science et la raison (celle à laquelle nous réduisons souvent le concept d'« intelligence ») au cœur du dispositif de production de la connaissance, là où d'autres cultures, avant nous ou à côté de nous, y mettent le mythe ou la religion.

S'interroger sur la pertinence de déployer massivement ChatGPT et de poursuivre la recherche dans le domaine de l'intelligence artificielle (dans tout ce numéro, désignée par son nom de code : « IA ») ne peut donc faire l'économie d'un questionnement sur les fondements mêmes de nos modes de vie, de notre culture, de notre civilisation. C'est certainement la raison pour laquelle les débats sont aussi passionnés et animés. Nous ne mesurons pas que, bien plus que parce que nous sommes à l'origine de l'IA, l'IA nous interroge fondamentalement sur ce que nous sommes, sur qui nous sommes.

Dès lors, consacrer ce 47<sup>e</sup> numéro de notre magazine *Savoir(s)* à l'IA s'est naturellement imposé à notre comité éditorial. Car l'université doit participer à ce débat et l'éclairer. Elle doit surtout être au cœur des transformations qu'induisent les découvertes quotidiennes faites dans le champ de l'IA. En effet, comme vous le lirez, de profondes mutations attendent le champ des pratiques éducatives, des sciences, du droit, de l'économie, des relations sociales, etc. Mais avant tout, l'IA pose les bases du monde de demain, celui dans lequel évolueront les étudiantes et étudiants que nous formons aujourd'hui. Ignorer cette nouvelle technologie serait nous mettre en porte-à-faux avec nos propres missions et, d'une certaine manière, refuser de penser le futur. Cet avenir, il nous faut au contraire le construire avec discernement et intelligence pour ne pas céder au faux-semblant et ne pas faire de notre monde un vain artifice.

**Mathieu Schneider**  
Directeur éditorial



*« L'IA nous interroge  
fondamentalement sur  
ce que nous sommes,  
sur qui nous sommes »*

# Une intelligence artificielle de plus en plus humaine

L'intelligence artificielle a franchi, fin de l'année dernière, une étape importante avec les IA génératives telles que GPT-4 de l'entreprise OpenAI (GPT vient de l'anglais *Generative Pre-trained Transformer*). Dorénavant, des machines sont capables de converser avec nous avec une intelligence qui paraît humaine. Après un premier engouement immédiat pour les applications issues de l'IA générative qui montrent des capacités créatives et transforment potentiellement de nombreux métiers (déjà plusieurs centaines de millions d'utilisateurs pour ChatGPT), il est légitime de s'interroger sur l'impact présent et futur des technologies liées à l'IA, ainsi que sur la manière de les utiliser au service de la société tout en se protégeant des risques.

## Les IA génératives amplifient l'intelligence humaine (quand elles utilisent des données de qualité)

Les IA génératives permettent de générer des textes, des images, des vidéos, des musiques, des modèles 3D, des programmes informatiques, des modèles numériques de protéine, toutes productions numériques, en réponse à des questions ou des demandes qui sont les données d'entrée. Les algorithmes analysent les questions posées et produisent des résultats qui sont plausibles, fondés sur les données d'apprentissage ou d'entraînement, mais avec un certain degré de nouveauté. En particulier, les IA génératives dans le domaine du langage naturel du type GPT utilise des grands modèles de langage (LLM en anglais pour *Large*

*Langage Model*) pour produire des résultats fondés sur l'ensemble des données d'entraînement. Ces grands modèles de langages sont construits avec les données textuelles accessibles sur internet et peuvent contenir des centaines de milliards de paramètres. Les IA génératives peuvent être multimodales et traiter différents types de données en même temps, comme par exemple, du langage naturel, de la parole et des images dans le cas d'une application de traduction en temps réel d'une visio-conférence.

Les applications d'IA fournissent un résultat plausible, mais pas nécessairement vrai. La qualité des résultats des applications d'IA en général et des IA génératives, en particulier, dépend principalement de la base de données d'apprentissage. Si les données d'apprentissage contiennent de nombreuses inexactitudes ou des données mal étiquetées, si les jeux de données sont de petite taille, les résultats seront moins fiables. De même, si les données d'entrée sont hors du champ des données d'apprentissage, les résultats ne seront pas pertinents. Inversement, si les jeux de données sont de grande taille et parfaitement expertisés, avec des données d'entrée bien couvertes par les données d'apprentissage, les résultats seront de qualité. À cet effet, des algorithmes sont souvent développés en parallèle pour nettoyer les données en permanence des faux échantillons. Dans le domaine de la production de texte en langage naturel, il est clair que si les textes fournis pour l'apprentissage du grand modèle de langage sous-jacent sont sexistes, racistes ou révisionnistes, nous aurons une production sexiste, raciste ou révisionniste. Un risque majeur des IA génératives dont il faut se préoccuper est la production de fausses informations, de discours, d'images et de vidéos truquées, mais extrêmement réalistes. On voit déjà cela à l'œuvre dans les différents conflits mondiaux actuels. C'est un poison pour la démocratie et un danger pour notre souveraineté. Cela plaide pour une surveillance accrue des réseaux sociaux et des médias, en particulier, ceux liés à des intérêts hors d'Europe. C'est l'objectif du *Digital Service Act* adopté par l'Union européenne, première réglementation dans le monde dans ce domaine, reposant sur des études menées par le Conseil de l'Europe. Il faudrait également revoir le modèle de diffusion de contenus sur les réseaux sociaux financés principalement par la publicité, qui encourage la mise en ligne de contenus qui choquent ou désinforment plutôt que de contenus informatifs ou éducatifs. Les institutions de l'Union européenne mettent actuellement en place une législation pour réguler l'IA en obligeant

« Les applications d' IA fournissent un résultat plausible, mais pas nécessairement vrai. »

les productions issues de l'IA générative à être étiquetées comme telles. Cette régulation créera des obligations croissantes en fonction du risque pour l'humain.

### L'IA créative aura un impact de plus en plus marqué sur notre façon de travailler

La capacité de l'IA générative à produire des textes cohérents ou tout autre production numérique à partir de base de données d'apprentissage de très grande taille, génère des perspectives très intéressantes d'amplification des capacités humaines. Cela a pour conséquence que de nombreux métiers verront l'arrivée d'assistants virtuels à base d'IA pour faciliter et accélérer de nombreuses tâches comme l'écriture de comptes-rendus, les productions de rapport, les traductions, les rédactions d'articles ou de contrats, les publicités, les programmes informatiques simples, les études bibliographiques, les productions graphiques, le recrutement, etc. Nous ne sommes qu'au début de ce qui devrait être une révolution. À titre d'exemple, on perçoit bien que le métier de traducteur n'est plus le même qu'il y a dix ans. L'adaptation à ce changement implique un effort de facilitation de l'accès aux ressources en IA pour permettre une appropriation de ses outils par le

plus grand nombre, en particulier nos étudiants et nos personnels.

Dans le même ordre d'idée, l'IA générative impacte déjà notre façon d'enseigner à l'université. Le premier usage par un groupe d'étudiants de l'IA générative pour produire un devoir a été détecté cette année dans notre université dans un cours de japonais qui avait vu la moyenne de la classe augmenter de manière inhabituelle. Les outils classiques de détection de plagiat sont inopérants sur les productions de l'IA générative, car les productions ne sont jamais identiques. Des outils de détection des productions de l'IA générative sont en train de voir le jour. Mais, cela pousse également à intégrer ces outils dans notre curriculum et à prévoir des mises en situation plus complexes de nos étudiants. Les IA génératives ne garantissent pas l'exactitude de leur production. L'humain se positionne en superviseur du travail de la machine. À ce titre, cela nécessite de développer l'esprit critique, la curiosité, l'expertise, le travail en équipe et l'éthique de nos étudiants pour protéger les droits humains.

Les IA génératives bousculent le domaine de la création artistique et littéraire. Des œuvres sont créées avec de l'IA. Par exemple, cet été, Paul

« L'humain  
se positionne en  
superviseur  
du travail de  
la machine . »



**Michel de Mathelin**, spécialiste en robotique médicale, premier vice-président et vice-président Relations avec le monde socio-économique et valorisation.

Mc Cartney a annoncé la sortie d'une chanson inédite des Beatles avec la voix de John Lennon générée par une IA, titre sorti en novembre. Cela pose la question des droits d'auteurs. Si les données d'apprentissage sont celles d'un artiste en particulier, l'œuvre produite aura sa facture. Quels sont les droits du producteur de l'œuvre qui a utilisé un outil d'IA générative ? Qui est le véritable auteur ?

La technologie évolue beaucoup plus vite que le droit. Dans le même ordre d'idée, des innovations donnant lieu à de la propriété intellectuelle sont produites avec de l'IA dans de nombreux domaines. Comment protège-t-on ces innovations quand l'innovation est liée principalement au jeu de données d'apprentissage ? Qui sont les inventeurs et quel est leur part inventive ? Quelle est la valeur des données annotées par un expert ? Créer et gérer des jeux de données d'apprentissage est devenu un nouveau métier. La valeur de certaines start-up dans le domaine de l'IA réside principalement dans les données d'apprentissage auxquelles elles ont accès.

### **Des machines avec des capacités supérieures à l'homme dans de nombreux domaines**

En dehors de l'IA générative, les applications d'IA étroites spécialisées sur une tâche particulière ou embarquées dans un dispositif pour analyser des données et réaliser des diagnostics à partir

d'algorithmes d'apprentissage profond se développent massivement avec succès pour des applications autant dans la société que dans l'industrie. Pour de nombreuses tâches cognitives qui étaient considérées il y a encore quelques années comme l'apanage de l'homme, comme la

reconnaissance des images, des sons, des odeurs, et du toucher, les performances des capteurs et des algorithmes spécialisés de l'IA sont supérieures à celle de l'homme en vitesse de traitement des informations, résolution et qualité d'analyse. Couplées aux capacités de calcul, ces performances ouvrent des perspectives vertigineuses pour l'IA et la robotique.

Par exemple, dans le domaine médical, les logiciels d'analyse d'images de radiologie entraînés avec l'aide de milliers d'experts ont aujourd'hui des performances supérieures aux médecins. C'est vrai potentiellement pour tous les diagnostics à partir d'images médicales, mais également,

dans le traitement des informations biologiques, ou de toutes formes de données biomédicales potentiellement utilisables comme biomarqueurs de diagnostic et de suivi des patients. L'IA intervient également dans la préparation et la mise en œuvre des traitements médicaux, que ce soit pour la planification des gestes médicaux-chirurgicaux que pour l'assistance peropératoire. Ce qui est valable dans le domaine médical, l'est aussi potentiellement dans tous les domaines comme le droit, la banque et l'assurance, le marketing et la publicité, le conseil, les ressources humaines, le journalisme, la recherche, partout où des informations doivent être recherchées et que des grandes bases de données numériques sont disponibles. Dans le domaine de la production industrielle, l'IA a la capacité d'analyser rapidement toutes données de production et d'utiliser une expertise apprise sur les données de l'entreprise pour le suivi et le contrôle de la production et la maintenance des équipements. On peut légitimement s'interroger sur le risque de remplacement de l'humain par la machine. Les applications à base d'IA ne garantissent pas le zéro défaut en général, étant donné leur mode de production des résultats. Une conséquence est que les fournisseurs de solutions ou dispositifs intégrant de l'IA ne se positionnent pas sur un remplacement de l'humain, mais comme une assistance aux experts qui supervisent et valident les résultats. En particulier, dans le domaine médical, les fabricants de dispositifs médicaux ne souhaitent pas prendre la responsabilité de l'aléa thérapeutique dans les pays où la protection des personnes est très développée. Cela n'empêche pas que les praticiens seront amenés à utiliser de plus en plus l'intelligence artificielle dans leur pratique pour éviter la perte de chance ou encore sous la pression des solutions disponibles pour le grand public.

Les systèmes robotiques ont des supériorités bien connues sur l'humain pour réaliser de nombreuses tâches, en termes de vitesse de réaction, précision, suivi de trajectoire dans l'espace, force, intégration de données multimodales provenant de nombreux capteurs, déplacement en environnement hostile, ou encore calculs et stockage d'informations. Aujourd'hui, ces systèmes pilotés par de l'intelligence artificielle sont également supérieurs en capacité d'analyse des situations, planification et qualité de réalisation. Les systèmes de pilotage automatique de véhicules sur route, sur rail, sur l'eau, sous l'eau ou dans les airs ont atteint des niveaux de sécurité, de fiabilité et de confort suffisants pour donner lieu à des mises en œuvre

« Les applications à base d' IA ne garantissent pas le zéro défaut . »

réussies. On notera, en particulier, les systèmes sur rail en site propre où les aléas externes sont plus facilement contrôlables par une adaptation des infrastructures. C'est déjà le cas, par exemple, dans le métro parisien sur certaines lignes qui ont ainsi des cadences plus élevées et mieux régulées. Dans le domaine du transport aérien, les deux principaux constructeurs d'avion de ligne, Airbus et Boeing, étudient actuellement des systèmes de pilotage de vol totalement autonomes, avec comme premier objectif, les vols avec un seul pilote au lieu de deux. Airbus a fait cette année une première expérience d'un vol en totale autonomie. Même si la sécurité des vols autonomes devenait supérieure à celle des vols avec pilote, l'acceptation des usagers serait encore à gagner. Par ailleurs, pour des raisons de responsabilité en cas d'accident, les compagnies aériennes et les constructeurs n'envisagent pas aujourd'hui les vols avec passagers sans pilote, alors que les vols de frets sans pilote sont déjà à l'étude. Dans le domaine autoroutier, des véhicules autonomes sont déjà disponibles et autorisés dans certains pays sous certaines conditions. Par contre, les accidents restent toujours possibles face aux aléas de la route et l'absence de conducteur fait reposer l'entière responsabilité sur le constructeur. Cela a fait reculer les premiers constructeurs, tels que Tesla, qui avaient mis sur le marché des véhicules avec une conduite entièrement autonome.

Dans le domaine militaire, la question de la responsabilité du constructeur ne se pose pas de la même manière et il n'est pas nécessairement attendu le même degré de fiabilité pour des systèmes autonomes qui ne transportent pas de passagers. Dans ce contexte, en raison de leurs performances et de la capacité de mener des frappes à distance, les systèmes autonomes avec de l'IA embarquée se sont développés de manière très importante, on songe aux drones aériens et navals ou encore aux systèmes de défense antiaériens et antibalistiques. Dans les guerres en cours, on voit que des matériels civils peuvent rapidement être transformés en arme létale et que de nombreuses technologies issues de la robotique et de l'IA sont à double usage. Cela pose la question de la souveraineté technologique française et européenne dans ces domaines, sans compter la désinformation qui s'attaque aux intérêts des structures étatiques.

De manière très paradoxale, des tâches humaines jugées simples sont très difficiles à robotiser. Il est très peu probable de trouver dans les années à venir un robot pour faire le ménage si ce n'est passer l'aspirateur, un robot jardinier à l'exception de

tondre le gazon, un robot aide à domicile ou encore un robot serveur dans un restaurant. La raison est double. Ces tâches sont complexes pour les machines dans des environnements imprévisibles et leur robotisation n'est pas économiquement viable.

## Vers une intelligence artificielle générale et responsable ?

L'IA n'est pas du tout arrivée au bout de ses développements et de ses usages. La loi de Moore, selon laquelle la résolution des puces électroniques est doublée tous les deux ans, est toujours d'actualité. Les prochaines générations de puces réalisées par photolithographie avec des résolutions inférieures à 10 nm sont prévues pour 2025. Des micro-processeurs sont conçus spécifiquement de manière optimisée pour les algorithmes utilisant l'apprentissage. Les GAFAM investissent massivement dans l'IA générative, la collecte de données et les moyens de calcul. Certains experts prédisent l'émergence d'une intelligence artificielle générale avant 20 ans,

c'est-à-dire, une intelligence artificielle autonome capable de réaliser toutes les tâches cognitives propres aux humains. Il n'y a pas de consensus dans la communauté scientifique sur l'émergence d'une IA générale dans un avenir proche, car l'intelligence n'est pas qu'analytique ou logique, mais aussi émotionnelle et créative, et les algorithmes d'IA générative actuels n'ont pas de capacités de raisonnement. Cette année, un groupe d'experts a demandé un moratoire de six mois sur la recherche en IA (sans résultat) et le Premier ministre du Royaume-Uni vient d'organiser, début novembre 2023, le premier sommet mondial sur les risques associés à l'IA. Les risques générés en termes de désinformation, de chômage, d'atteintes aux libertés individuelles existent et il est important de les prendre en compte dans nos sociétés. Les usages de l'IA ont également un impact en termes de consommation énergétique et un usage responsable des moyens de calcul est indispensable. Les usages de l'IA ne sont pas définis à l'avance et même si les machines n'ont pas d'âme, il est important d'en assurer un usage éthique et responsable.

■ Michel de Mathelin, spécialiste en robotique médicale, premier vice-président et vice-président Relations avec le monde socio-économique et valorisation.

« L' intelligence n'est pas qu' analytique ou logique ,mais aussi émotionnelle et créative . »

# Recherche

La production scientifique  
interrogée





# « Une réglementation pionnière de l'IA par l'Europe »

Créer un écosystème de la confiance pour protéger les entreprises et les droits humains : tel est l'objectif de l'IA Act, dernier texte européen en date pour réguler l'IA. Frédérique Berrod, professeur à Sciences Po Strasbourg et Aurélie Klein, avocate, spécialisée en droit des données, responsable de l'innovation digitale au sein du cabinet Fidal Avocats, et maître de conférences associée à l'Unistra, combinent leurs approches pour éclairer cette régulation inédite et ambitieuse.

L'IA Act, qui devrait être adopté d'ici la fin de l'année, s'inscrit dans un contexte normatif européen qui ne cesse de se densifier. « Cette nouvelle brique, intégrée à la stratégie numérique de l'UE, vient s'ajouter à des textes comme le Règlement général de protection des données (RGPD, 2018), les projets de Data Act et de Cyber Resilience Act

(2023) », souligne Frédérique Berrod, spécialiste du droit de l'Union européenne (UE).

Dès 2019, le Comité *ad hoc* sur l'intelligence artificielle (Cahai) du Conseil de l'Europe a mené une étude de faisabilité d'un cadre juridique pour l'intelligence artificielle, axé autour de l'éthique, de la protection de la démocratie et des droits humains. L'UE s'est notamment appuyée sur ces réflexions pour élaborer son projet de règlement, l'IA Act, ayant pour objectif de concilier régulation et consécration de l'économie de la donnée : « Il s'agit de définir des règles pour jouer le jeu du marché unique, avec une approche libérale assumée et maîtrisée, commente Aurélie Klein. De dompter l'IA, pour en faire un atout concurrentiel et au bénéfice des citoyens, tout en garantissant un nécessaire

« Dompter l'IA, pour en faire un atout concurrentiel et au bénéfice des citoyens, tout en garantissant un nécessaire équilibre favorable à l'innovation. »



Aurélie Klein, avocate, spécialisée en droit des données et maître de conférences associée à l'Unistra et Frédérique Berrod, professeur à Sciences Po Strasbourg.

équilibre favorable à l'innovation. » En témoigne l'apparition, en cours de négociation et dans le quotidien des Européens, des IA génératives à l'instar de ChatGPT, qui posent la question de la régulation avec acuité. « Cette dernière est d'ailleurs introduite dans la catégorie "risque élevé" dans l'IA Act. » (voir encadré).

### Première loi globale au monde

« Il s'agira de la première loi globale sur l'IA au monde, insiste Frédérique Berrod. Aux États-Unis, il y a bien eu des discussions entre les Gafam et le président Biden, mais

cela n'a pas encore abouti à un texte. Ce texte reste d'ordre très général. Il pose un cadre global de gestion du risque. Ensuite, ce sera aux législations nationales de faire du cas par cas. » Certains s'annoncent épineux, à l'image de la gestion en cascade des éléments intellectuels, notamment

dans le domaine du journalisme ou des créations graphiques.

« Il y aura aussi un enjeu d'appropriation citoyenne, avec un contexte où l'IA touche la vie quotidienne des individus, voire leur intimité, que l'on pense aux objets connectés ou aux véhicules autonomes... » Une chose est certaine : « Cette nouvelle réglementation remplace le producteur de données, in fine l'humain, au centre du jeu, et aura des conséquences en matière de modèles économiques, notamment dans l'industrie », estime Aurélie Klein.

■ Elsa Collobert

« Cette nouvelle réglementation remplace le producteur de données, in fine l'humain, au centre du jeu. »

## Différentes règles pour différents niveaux de risque

L'IA Act établit des règles différenciées en fonction du niveau de risque des systèmes d'IA, tant pour les fournisseurs que pour les utilisateurs.

### Risque inacceptable

Considérés comme une menace pour les personnes, ils seront interdits. Ils comprennent :

- manipulation cognitivo-comportementale de personnes ou de groupes vulnérables (jouets activés par la voix) ;
- notation sociale ;
- systèmes d'identification biométrique en temps réel et à distance (reconnaissance faciale).

### Risque élevé

Ces dispositifs peuvent avoir un impact négatif sur la sécurité ou les droits fondamentaux et devront être évalués avant leur mise sur le marché et tout au long de leur cycle de vie, afin de limiter les risques encourus. Cela concerne :

- Les systèmes d'IA qui sont utilisés dans les produits relevant de la législation de l'UE sur la sécurité des produits (jouets, aviation, voitures, dispositifs médicaux, ascenseurs).
- Les systèmes d'IA relevant de plusieurs domaines qui devront être enregistrés dans une base de données de l'UE (identification biométrique, éducation et formation professionnelle, emploi, migration, forces de l'ordre...).

### Risque limité

Ces systèmes doivent respecter des exigences de transparence spécifiques qui permettraient aux utilisateurs de prendre des décisions éclairées. Lors de l'utilisation de systèmes tels que les chatbots, les utilisateurs doivent être conscients qu'ils interagissent avec une machine afin qu'ils puissent prendre une décision éclairée.



# Au service du développement durable

« Si la technologie a indubitablement joué un rôle dans l'exacerbation de certains défis contemporains, elle a également le potentiel de faire partie de la solution. » C'est la conclusion à laquelle Stefano Bianchini, chercheur au Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta) et son équipe sont parvenus, au terme de l'analyse d'un énorme corpus de littérature scientifique croisant IA et objectifs du développement durable.

Comment en êtes-vous arrivé à travailler sur l'impact social, économique et environnemental des technologies numériques, et notamment de l'IA ?

En 2021, j'ai eu l'opportunité de monter une équipe pour travailler sur cette thématique, en obtenant un financement ANR Seed<sup>1</sup>. Cette équipe est majoritairement constituée d'économistes ; je suis moi-même ingénieur de formation, docteur en économie. J'ai commencé à m'intéresser aux technologies numériques d'un point de vue scientifique dès leur explosion, à partir de 2015, avec toute une série d'innovations comme la *machine learning* et le *deep learning*. Deux questions en point de départ : comment l'IA peut changer le processus de création de connaissances et quelle est son influence sur les organisations sociales ? Aujourd'hui, le paradigme est encore en train d'évoluer, avec la mise au point des IA génératives telles ChatGPT. J'ai d'abord mené un travail mesurant les effets de l'IA sur la production et la diffusion scientifiques, à l'aide d'outils d'économétrie et d'apprentissage automatique.

Quelle a été la méthodologie pour cette nouvelle étude ?

Kévin Michoud<sup>2</sup>, doctorant, a travaillé à élaborer une méthode d'analyse s'appuyant sur le Traitement automatique du langage naturel (Tain). Une première étape a consisté à établir des relations sémantiques entre les termes issus du champ lexical des technologies numériques d'une part, et ceux des Objectifs du développement



Stefano Bianchini, chercheur au Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta).

durable (ODD) de l'autre. Cela nous a donné un corpus de 3,2 millions de publications parmi les 90 que recense *Web of Science* (WoS).

Premier signal : le nombre de publications n'a cessé de grandir au fil des ans, signe d'un intérêt croissant pour la thématique. La croissance est particulièrement prononcée pour les publications qui abordent conjointement le digital et le développement durable. Parmi les six technologies prises en compte (IA, big data, *blockchain*, fabrication additive, internet des objets, robotique), l'IA représente 48 % des publications numériques. Ensuite, il nous fallait aller plus loin pour donner sens à ces données : nous avons cartographié les 119 intersections entre le domaine numérique et celui du développement durable. Puis, nous avons effectué une analyse de sentiment sur les publications relevant de ces intersections, afin de cerner les variations de tonalité émotionnelle.

À quelles conclusions êtes-vous parvenu ?

Contrairement à la perception majoritairement défavorable des nouvelles technologies dans l'opinion publique, nous parvenons à une conclusion inverse : ses effets sont majoritairement positifs. Sans trop de surprise, c'est particulièrement dans la dimension économie et innovation que l'on trouve le plus d'effets positifs - des gains de productivité à la réduction des risques dans les environnements de travail dangereux (ODD 8). Certes gourmandes en

« C'est particulièrement dans la dimension économie et innovation que l'on trouve le plus d'effets positifs. »

énergie et matériaux, les technologies peuvent avoir un impact positif (ODD 13, 14, 15) : optimiser la distribution d'énergie, mettre en place des observations granulaires de la biodiversité dans des environnements spécifiques, prévoir des catastrophes climatiques.

### Et très concrètement ?

Nos travaux sont opérés dans le cadre du Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne. Nos conclusions sont donc lues en haut lieu. Nous pouvons dire que nous donnons à voir aux politiques des signaux faibles, qui sinon seraient restés sous les radars. C'est gratifiant pour un chercheur de voir que son travail a un impact dans la sphère de décision.

### Quelle est la prochaine étape ?

Il s'agit maintenant d'affiner nos résultats – le projet dure quatre ans. Nous travaillons sur un questionnaire que nous avons envoyé à plus de deux millions de scientifiques ayant contribué à des publications dans les secteurs du numérique et du développement durable. Certes, l'IA est un outil surpuissant et indispensable, mais les directives que nous lui imposons restent essentielles. L'idée est de valider et confirmer à la fois nos hypothèses et notre technologie, tout en identifiant des biais qui pourraient fausser notre étude.

■ Propos recueillis par E. C.

1 Sustainable Economies in the Era of Digital transformation (Seed).

2 Le reste de l'équipe est constitué de Giacomo Damoli (Université de Strasbourg), Claudia Ghisetti (University of Milan), Marco Colagrossi (EU Commission).



Les 17 Objectifs du développement durable (ODD, « Sustainable Development Goals » en anglais), créés en 2015 par les Nations Unies, sont à l'intersection des thématiques de l'environnement, du changement climatique, de la santé ou encore de l'égalité de genre.

# Ancrer les langues « peu dotées » dans la modernité



**Delphine Bernhard**, informaticienne, maîtresse de conférences à la Faculté des langues.

Un site web sur cinq est anglophone, alors que des milliers de langues sont quasiment invisibles en ligne.

Le chiffre fait désormais consensus : il existerait environ 7 000 langues dans le monde. Or, observe Delphine Bernhard, informaticienne, qui enseigne le traitement automatique des langues à la Faculté des langues, « dans les dernières années, les outils informatiques ont appris à en gérer... une centaine ». La chercheuse s'intéresse tout particulièrement aux langues que l'on dit peu dotées, pour lesquelles on trouve peu, voire pas du tout de ressources informatisées ou d'outils pour faciliter la vie au quotidien, comme la traduction automatique, la correction orthographique ou encore la reconnaissance de la parole. « Le problème n'est pas né avec les intelligences artificielles, le déséquilibre existait avant. » Mais les IA l'ont mis davantage en évidence : « ChatGPT est entraîné à partir de centaines de milliards de mots, aspirés sur le web, en très grande majorité sur des sites en anglais. »

## Un rôle à jouer pour les universités

Ce manque de diversité et d'accès aux ressources informatiques, pour l'immense majorité des langues utilisées dans le monde, ne peut être corrigé que par la constitution de corpus qui viendront alimenter les programmes informatiques, « avec, de plus, des données qui permettent

d'évaluer et de mesurer la qualité de ces outils ». Des projets de recherche s'y consacrent. Delphine Bernhard coordonne le programme Divital qui s'intéresse à quatre langues régionales de France (voir encadré). Avec des enjeux d'équité pour les universités : « Le manque d'accès aux langues peu représentées dans le monde numérique renforce l'exclusion, rendant inexistants des pans entiers de culture. Les universités et les acteurs publics ont un rôle important à jouer pour ancrer ces langues dans la modernité et combler le retard par rapport à des langues comme l'anglais ou le français. »

■ Myriam Niss

« Le manque d'accès aux langues peu représentées dans le monde numérique renforce l'exclusion, rendant inexistants des pans entiers de culture. »

## Des données inédites pour des langues régionales

Le programme Divital s'intéresse à quatre langues régionales : le corse, l'alsacien, l'occitan et le poitevin-saintongeais. « Ce sont surtout des langues orales, pour lesquelles les orthographes ne sont pas stables. Ces variations constituent un défi supplémentaire pour les outils informatiques, qui s'ajoute au manque de données », explique Delphine Bernhard. L'objectif du programme est de collecter des données numériques pour ces langues afin d'établir des corpus qui viendront alimenter les IA. Il s'agit d'un travail de collecte lent et long : « On veut disposer de données de qualité, qu'il est nécessaire d'accompagner de métadonnées et d'annotations permettant de les contextualiser. Car si on fournit de bonnes données, cela aura un impact positif sur les technologies. » La collecte de textes est réalisée dans une démarche de science ouverte, les textes étant pour la plupart traduits dans les quatre langues, en passant par le français.

# Un outil voué à bouleverser la production scientifique ?



**Adeline Rege**, responsable du pôle Appui à la diffusion de la recherche au Service des bibliothèques universitaires.



**Nicolas Giuseppone**, professeur à la Faculté de chimie et référent Unistra pour l'intégrité scientifique.



**Mathieu Lorenzo**, médecin généraliste et chargé de la recherche au sein du Centre de formation et de recherche en pédagogie des sciences de la santé.

Les intelligences artificielles génératives de texte ou d'image se multiplient, bousculant de nombreux métiers dont fait partie la recherche scientifique. Face à ces évolutions, Adeline Rege, Nicolas Giuseppone et Mathieu Lorenzo soulignent l'importance de l'intégrité scientifique et de l'adaptation.

Quels sont les problèmes soulevés par l'usage de l'IA dans la production scientifique ?

**Adeline Rege** : La question de la fraude n'est pas récente. Les usines à production scientifique conçoivent des articles rédigés par des algorithmes et vendus à des chercheurs peu scrupuleux. La communauté scientifique s'organise pour débusquer ces articles frauduleux, notamment grâce à des plateformes collaboratives comme PubPeer. Mais avec des IA comme ChatGPT, on entre dans une autre dimension qui pose la question de ce qu'est un auteur dans la rédaction d'articles scientifiques.

**Nicolas Giuseppone** : Ces outils méthodologiques constituent une immense opportunité pour la recherche tant qu'un défi pour l'intégrité scientifique. De nombreux éditeurs, comme *Nature* et *Science*, ont déjà exclu

l'IA du statut d'auteur, car si un auteur humain peut rendre des comptes, l'IA, elle, ne peut être tenue pour responsable d'une publication.

**Mathieu Lorenzo** : Comment évaluer les

apprentissages des étudiants à l'heure des IA ? Ces technologies remettent en question certaines de nos pratiques évaluatives. J'ai notamment demandé à une IA de rédiger l'introduction d'une thèse et le résultat est bluffant. Bien évidemment, cela pose la question de l'intégrité académique et de la nécessité d'être moralement responsable de son travail. Et puis, il y a toujours le risque d'hallucination de l'IA : elle invente fréquemment des faits, des sources, etc.

Peut-on envisager un usage raisonné de l'IA dans la production scientifique ?

**A. R.** : L'IA peut être une aide précieuse pour des tâches telles que la rédaction de titres, de résumés, l'amélioration de l'anglais et l'analyse de revues scientifiques. Mais les scientifiques doivent rester responsables de l'écriture et de la réalisation des figures scientifiques.

**N. G.** : L'IA peut être un outil de recherche bibliographique, de vérification de critères, de comparaison de données, de traitement d'image ou d'aide à la relecture. Son utilisation en recherche doit toutefois rester transparente et rigoureuse, et les protocoles utilisés doivent donc apparaître clairement dans les sections méthodologiques des publications.

**M. L.** : L'étudiant pourrait, par exemple, rédiger un premier jet d'un passage de sa thèse puis demander à l'IA d'en améliorer la clarté, la cohérence, l'orthographe. Dans tous les cas, il faut qu'il s'assure de rester maître de son sujet afin de pouvoir assumer les messages portés par son travail.

Comment s'assurer de la qualité de la production scientifique et s'adapter aux évolutions futures ?

**A. R.** : La préoccupation majeure reste l'identification de ces articles dans l'immense étendue de la production scientifique. Les éditeurs doivent se saisir de cette question et

« Il faudra mettre en place

une réflexion

globale pour

établir des règles

d'utilisation

permettant

de générer

des données

scientifiques

fiabiles et

ouvertes . »

mettre en place de nouvelles procédures pour garantir la qualité de leurs publications. Mais cela souligne aussi la nécessité de revoir les modalités d'évaluation de la recherche et la pression constante à publier.

**N. G.** : Bien sûr, les éditeurs se munissent d'outils pour détecter les textes et les images fabriqués par l'IA, et nous devons également nous équiper au niveau de l'université, car la production scientifique commence dès le rapport de master. Mais l'IA va probablement connaître une évolution rapide dont nous ne connaissons pas encore les limites et il faudra mettre en place une réflexion globale entre scientifiques, développeurs et politiques pour établir des règles d'utilisation permettant de générer des données scientifiques fiables et ouvertes.

**M. L.** : Compilation, un logiciel anti-plagiat détecteur d'IA, clamait en février dernier avoir développé une solution qui repère neuf fois sur dix un texte généré par une IA. Mes tests actuels vont dans le sens d'une inefficacité de ces détecteurs. On ne peut aller à contre-courant de cette évolution des pratiques. Il faut se former à l'utilisation des IA et repenser l'évaluation des apprentissages des étudiants. Avant tout, il s'agit de définir et de promouvoir l'intégrité académique afin qu'étudiants et enseignants distinguent ce qui est un « bon » usage de l'IA, versus ce qui relève de la fraude. Passer moins de temps à évaluer les productions écrites des étudiants pour donner plus de place à la soutenance orale du travail peut être une solution à envisager par exemple.

■ Propos recueillis par Mathilde Hubert

## IA et respect de la vie privée : le droit en tant qu'arbitre

Le recours à l'intelligence artificielle pour assister des enquêteurs ou essayer de prévenir des actes criminels est sur le point de devenir une réalité. Mais face à une technologie aussi prometteuse en termes de maintien de l'ordre, qu'intrusive en matière de vie privée, où placer le curseur ?

Le processus d'adoption de la loi relative à l'organisation des Jeux olympiques à Paris en 2024 a suscité de nombreux débats au printemps 2023. En cause : l'article 10 qui autorise, pour la première fois en droit français et européen, l'utilisation de programmes d'intelligence artificielle à des fins de surveillance. Grâce à ce texte, l'État français donne la possibilité à ses services de police d'utiliser des caméras de vidéosurveillance équipées d'algorithmes informatiques destinés à détecter des événements anormaux. Même si la mesure est qualifiée d'expérimentale, elle constitue une première légitimation de ce type de systèmes automatisés.

« Le recours à l'IA par la police française n'est pas encore très répandu, indique Yamina Bouadi, qui



**Yamina Bouadi**, doctorante au sein du laboratoire Droit, religion, entreprise et société (Dres).

consacre une thèse au droit à la vie privée face à l'utilisation de l'intelligence artificielle en matière de prévention et d'investigation d'infractions pénales. Il n'existe pas encore de cadre juridique contraignant et spécifique à l'IA au niveau français

ni européen pour en réglementer l'usage. Dès lors, on observe uniquement des utilisations de l'IA à titre d'expérimentation. »

Les cas d'usages potentiels de l'IA sont nombreux : interconnexion de données à des fins d'identification d'individus, priorisation de patrouilles, utilisation de logiciels prédictifs pour anticiper d'éventuels crimes et délits... Autant d'applications utiles pour les services de police mais dont le fonctionnement peut engendrer de nouvelles atteintes à la vie privée des citoyens. L'exemple emblématique en la matière est la reconnaissance faciale. Si, à l'avenir, un programme informatique est capable

« Il n'existe pas encore de cadre juridique contraignant et spécifique à l'IA au niveau français ni européen pour en réglementer l'usage . »

d'identifier des personnes dans l'espace public en analysant les traits de leur visage, quelles seront les conséquences sur la vie privée et la liberté d'aller et venir ?

### Un équilibre délicat à trouver

« Les enquêtes pénales ont toujours donné lieu à un traitement des données personnelles. La nouveauté est que les logiciels d'IA apportent une nouvelle forme d'ingérence dans le droit à la vie privée en étant beaucoup plus intrusifs, explique Yamina Bouadi. Il existe des fondements juridiques tels que le Règlement général sur la protection des données (RGPD) qui régissent le traitement des informations personnelles, mais ils sont par principe très généraux et ne peuvent pas anticiper spécifiquement les risques nouveaux posés par ces algorithmes innovants. »

Le RGPD vise à ce que le moins possible d'informations sur les individus soient collectées. Les algorithmes des logiciels d'IA se basent, quant à eux, sur l'exploitation d'un maximum de données. L'enjeu est donc de fixer un cadre qui permette d'établir un équilibre entre ces deux intérêts divergents et l'imposer tant aux développeurs de solutions informatiques qu'aux utilisateurs de ces solutions.

La position prônée est de concevoir, dès le départ, des outils respectueux selon les principes *Privacy by design* et *Privacy by default*. Mais face à l'opacité des logiciels d'IA et de leurs algorithmes, de grands principes suffisent-ils ? Le législateur de l'Union européenne s'est saisi du sujet et travaille à l'élaboration d'un règlement qui s'appliquera à

## Privacy by design et Privacy by default

Ces deux concepts sont issus du RGPD. *Privacy by design* consiste à intégrer, en amont, des principes de conception respectueux de la vie privée. *Privacy by default* désigne des méthodes de fonctionnement, appliquées par défaut, qui ont le moins de conséquences sur les individus et leurs données personnelles. L'application de ces principes aux algorithmes d'IA est au bon vouloir des entreprises développant des logiciels dans ce domaine. Cependant, à partir du moment où ces entreprises traitent des données personnelles, elles doivent employer un délégué à la protection des données qui veille au respect du RGPD.

l'ensemble des États membres. Objectif : faire en sorte de bénéficier de tous les avantages de l'IA sans qu'elle n'en devienne intrusive. Compte tenu des progrès fulgurants des IA, le temps presse pour la rédaction de ce règlement, afin que notre avenir ne ressemble pas au roman dystopique de George Orwell, 1984.

■ Edern Appéré





# « J'ai testé ChatGPT sur le concerto pour clarinette de Mozart : rien n'est juste »

ChatGPT sait-il analyser une œuvre musicale ? Est-il capable de composer une œuvre musicale artistique ? Réponses avec Camille Lienard, musicologue ayant fait ses classes de composition, aujourd'hui spécialisé dans la philosophie de la musique.



Camille Lienard, chercheur au sein du laboratoire Approches contemporaines de la création et de la réflexion artistiques (Accra).

**Vous êtes docteur en musicologie. Pouvez-vous définir la musicologie ?**

La musicologie englobe toutes les disciplines universitaires en articulation avec la musique : sociologie, anthropologie, histoire, philosophie, mais aussi physique, mathématiques... Ce qui m'intéresse, c'est l'épistémologie de la musique : tout ce que la musique comporte de structure logique, rationnelle et la façon dont nous nous en

servons pour la concevoir et la percevoir.

**Avez-vous testé ChatGPT dans le domaine de la musicologie ?**

Oui, j'ai voulu savoir en quoi ChatGPT pouvait m'aider dans mon travail. Et finalement, j'ai l'impression qu'on se fait beaucoup de fausses idées sur ce que c'est réellement. Je lui ai demandé d'analyser le concerto pour clarinette de Mozart. C'est un des concertos les plus connus de l'histoire de la musique. Il a produit une analyse vraisemblable : rien ne paraissait incongru. Mais dès lors qu'on vérifie la précision des données, on se rend compte que tout est faux : les tonalités, les numéros de mesure... Il indique une fausse bibliographie. ChatGPT ignore ce qu'est la vérité : il ne connaît que la vraisemblance.

**ChatGPT peut-il malgré tout être utile à un musicologue ?**

Oui, il sait très bien faire du traitement de données. Il peut donner une forme différente à un texte, en

changer le style, le résumer. Il peut aussi expliquer un texte : ce n'est pas un mauvais professeur. Ça, c'est quelque chose que Google ne sait pas faire. J'imagine qu'il pourrait y avoir de nombreuses applications en musicologie, mais qui pour l'instant ne sont pas développées. Sans doute n'est-il pas assez entraîné et ne connaît-il pas assez la musique. D'ailleurs, il ne sait pas lire une partition.

**ChatGPT sait-il composer ?**

ChatGPT, non. Mais d'autres programmes savent le faire. Des œuvres inachevées ont été complétées par de l'intelligence artificielle, comme la *Symphonie inachevée* de Schubert ou la *Symphonie n° 10* de Beethoven. Mais ce sont de simples pastiches. C'est amusant, mais cela n'a pas un grand intérêt artistique.

**L'IA est-elle capable de composer une œuvre musicale artistique ?**

Cela dépend bien sûr de la conception qu'on se fait de l'art. Si on pense que l'art est un produit, pourquoi pas ? Si on admet qu'il est davantage ou autre chose, il n'y a pas à craindre que l'intelligence artificielle puisse faire de l'art. Plus précisément, à moins qu'on ne réduise l'art à un simple réagencement de données existantes, l'IA est incapable de produire une œuvre musicale artistique. Elle ne sait que reproduire mécaniquement. Nous aussi, quand nous créons, nous reproduisons. Mais notre reproduction est biologique et métaphysique : elle est inventive. L'IA ne sait pas changer le monde : elle le reproduit à l'infini, tel qu'il est.

■ Propos recueillis par Jean de Miscault

« L' IA est incapable de produire une œuvre musicale artistique . Elle ne sait que reproduire mécaniquement . »

# Une aide pour plus de sécurité au bloc opératoire

Développer une méthodologie informatique pour analyser objectivement et à grande échelle les événements indésirables peropératoires à partir des vidéos chirurgicales, tel est le projet innovant de Nicolas Padoy avec le projet intitulé Computational methods to analyse intra-operative adverse events in surgery at scale (CompSurg).



Nicolas Padoy, professeur à l'Université de Strasbourg, directeur scientifique à l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) de Strasbourg.

« Les résultats de l'analyse des vidéos d'opérations à grande échelle permettraient de standardiser le geste opératoire et d'apporter la même qualité de chirurgie dans tous les hôpitaux, explique Nicolas Padoy. Dans le cas de l'ablation de la vésicule biliaire, par exemple, toutes les sociétés de chirurgie recommandent la mise en place d'une procédure de sécurité pour correctement identifier l'anatomie de la vésicule avant de la retirer. Une IA permettrait

de s'assurer de la réalisation de ce point de contrôle par les chirurgiens. » Et si le cas de la vésicule est bien compris, comment définir objectivement des points de contrôle pour d'autres procédures, plus compliquées ? L'analyse des grandes masses de données chirurgicales et de la variabilité du geste en rapport avec les résultats cliniques peuvent apporter une réponse à cette question.

La salle opératoire est en effet le lieu le plus fréquent des erreurs hospitalières. Toutefois, les Evènements indésirables peropératoires (EIP) ne sont pas suffisamment signalés, ce qui empêche leur analyse à grande échelle, la définition de mesures de sécurité appropriées et le développement de systèmes d'assistance peropératoire pour réduire leurs occurrences.

De récentes études évaluant manuellement les procédures chirurgicales à partir des vidéos opératoires ont montré que les EIP sont fréquents, mais aussi que les événements indésirables considérés auparavant comme sans conséquence peuvent être des prédicteurs d'événements indésirables graves et corrélés aux complications et mauvais résultats chirurgicaux.

## Données collectées auprès de différents hôpitaux européens

Mais comment entraîner l'IA à identifier et analyser le geste opératoire ? Car tout comme l'intelligence humaine, l'IA a besoin d'apprendre et il lui faut pour cela se nourrir à partir d'une grande base de données. « L'idéal serait bien sûr d'impliquer un chirurgien qui expertise toutes les vidéos mais c'est impossible en raison du nombre de données à analyser, explique Nicolas Padoy. Tout l'enjeu de CompSurg repose sur une méthodologie d'apprentissage permettant d'impliquer le moins d'experts possibles.

Ainsi, on entraîne aussi l'IA à partir d'enregistrements vidéo de cours de chirurgie, de livres ou d'articles scientifiques. » Nicolas Padoy collabore en outre avec Pietro Mascagni, un médecin-chercheur qui a fait sa thèse au sein du groupe de recherche Camma (Computational analysis and modeling of medical activities), et qui poursuit actuellement son internat à l'hôpital Gemelli de Rome, sur « les aspects cliniques du projet et pour collecter des données issues de différents hôpitaux à travers l'Europe ».

■ M. H.

« On entraîne aussi l'IA à partir d'enregistrements vidéo de cours de chirurgie, de livres ou d'articles scientifiques. »

## Lauréat d'une bourse ERC Consolidator Grant 2022

Pour son projet CompSurg, Nicolas Padoy est lauréat d'une prestigieuse bourse européenne European Research Council (ERC) Consolidator de l'appel 2022 et financé à hauteur de 1,95 million d'euros pour une durée de cinq ans.

# Les modèles, pour prédire et soigner

Avec l'IA, les masses de données sont traitées par apprentissage automatique pour établir un modèle. Ce modèle peut alors être prédictif si on l'interroge avec de nouvelles données. Un outil très puissant, mais qui « apprendrait bêtement » s'il n'était pas alimenté, guidé par l'intelligence humaine. Explications avec Julie Thompson, directrice de recherche CNRS en bio-informatique, qui l'applique à la santé humaine.



**Julie Thompson**, directrice de recherche CNRS en bio-informatique au Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube).

Certains utilisent l'IA pour prédire les marchés financiers, mais au Centre de recherche en biomédecine de Strasbourg, Julie Thompson, bio-informaticienne au laboratoire ICube, l'utilise pour la recherche médicale : identifier des gènes, des mutations, diagnostiquer des myopathies, prédire leur survenue pendant la grossesse de la mère, mieux comprendre les maladies rares et soigner le cancer.

« Nous utilisons l'IA pour rechercher des motifs à partir d'une grande masse de données. Ces motifs sont pour nous des régions fonctionnelles dans les génomes humains ou animaux, c'est-à-dire des gènes et des régions qui régulent leur expression. Issues du séquençage des génomes, de l'imagerie (cérébrale, des tissus, des organes), elles sont aujourd'hui trop nombreuses et complexes pour être traitées à l'aide de statistiques comme avant. Ce n'est pas une approche nouvelle, mais l'IA la révolutionne », explique-t-elle.

L'équipe utilise les deux approches de l'IA : le *deep learning* et les grands modèles de langage (LLM), comme ChatGPT. « Nous les adaptons au génome, qui peut être vu comme un langage, avec des mots, les gènes, formés par les lettres ACGT, les bases de l'ADN. C'est un outil très puissant. On peut rechercher une lettre changée, c'est-à-dire la mutation d'une base de l'ADN. » Une lettre sur les 3,5 milliards de bases que contient le génome humain...

## Diagnostic prénatal et médecine de précision

Ces modèles leur permettent de découvrir les gènes et mutations responsables de maladies génétiques comme les myopathies, en comparant les génomes des malades et de leur famille, en lien avec leurs symptômes. Là, l'expertise des médecins est primordiale. « On peut ensuite rechercher la mutation chez un embryon, pour aider au diagnostic prénatal.

Ainsi, pour créer le modèle descriptif, on traite toutes les données connues, comme les génomes de patients, et l'IA apprend. On parle de modèle prédictif quand on lui donne des nouvelles données, par exemple le génome d'une personne, pour qu'il prédise la maladie », explique-t-elle.

Ces modèles prédictifs sont aussi utilisés pour définir une médecine de précision, qui adapte le traitement au patient, pour plus d'efficacité et moins d'effets secondaires. Parmi les recherches en cours de l'équipe : combiner le génome au traitement automatique d'images médicales par *deep learning* et à celui des rapports des médecins par un modèle de langage. Et l'IA symbolique qui consiste à « intégrer les connaissances humaines et la puissance de l'IA. L'IA est très puissante en calcul, mais elle n'est pas intelligente comme un humain, avec toute son expérience, qui associe un contexte, des souvenirs, des liens. Elle peut chercher un peu bêtement des motifs, si elle n'est pas guidée par l'intelligence humaine. »

Reste aussi à améliorer l'explicabilité des modèles : « ils donnent des réponses, mais aucune explication. Et en médecine, ce n'est pas suffisant. Nous n'en sommes pas à remplacer l'humain, de loin ».

■ Stéphanie Robert

« L' IA est très puissante en calcul , mais elle n'est pas intelligente comme un humain , avec toute son expérience , qui associe un contexte , des souvenirs , des liens . »

# « Dans la banque l'IA ne doit pas avoir le dernier mot »

Thibault de Ravel d'Esclapon est enseignant - chercheur à la Faculté de droit et directeur adjoint du laboratoire Droit, religion, entreprise et société (Dres); Emmanuel Netter est directeur du master Cyberjustice. Ensemble, ils réfléchissent sur les applications de l'IA dans le domaine bancaire et financier et sur les éventuels encadrements à prévoir.

La banque et la finance ont été parmi les premiers services à recourir à l'intelligence artificielle. Où en est-on aujourd'hui ?

Thibault de Ravel d'Esclapon : Effectivement, la finance a été un des premiers secteurs à utiliser l'IA. La banque, elle, a mis un peu plus de temps à s'en emparer. Mais depuis quelques années, la banque a de plus en plus recours au *machine learning* pour le traitement des courriels, pour aider les gestionnaires de patrimoine à élaborer des solutions de placement... Aujourd'hui, le conseil délivré grâce à l'IA est beaucoup plus fin.

## « IA à haut risque »

En Europe, le RGPD interdit les décisions totalement automatisées produisant des effets juridiques au détriment des personnes. Quand exceptionnellement une décision automatisée est autorisée, la personne concernée peut demander une intervention humaine. « Par ailleurs, le projet du futur règlement sur l'intelligence artificielle, en cours de discussion au Parlement européen, devrait veiller à ce que des précautions particulières soient prises dès lors que certaines techniques comme le *machine learning* sont utilisées dans des domaines sensibles, tels que la banque ou la finance, explique Emmanuel Netter. C'est ce qu'on appelle l'IA à haut risque. L'IA devra être entraînée à partir de corpus très qualitatifs, une documentation compréhensible par tous devra être accessible, une mention devra indiquer que l'IA est présente dans le système... »

Emmanuel Netter : Il faut distinguer les pratiques. Soit on utilise l'IA comme un simple système d'aide à la décision, avec à la fin une expertise humaine qui relèvera une éventuelle incohérence. Soit l'IA produit elle-même la décision en toute autonomie. Aux États-Unis, de telles pratiques permettent déjà de rejeter des crédits bancaires sans qu'aucun humain n'ait été mis dans la boucle.

En Europe, le Règlement général de protection des données (RGPD) interdit de telles pratiques ou les limite en permettant aux personnes d'exercer d'éventuels recours.

ChatGPT connaît-il des applications dans le domaine bancaire ?

T.d.R.E. : Les banques n'utilisent pas directement ChatGPT. En revanche, elles peuvent commercialiser des solutions qui s'articulent autour de ce que propose ChatGPT.

E.N. : Si vous entraînez ChatGPT sur un corpus bancaire ou financier très approfondi, il est tout à fait imaginable qu'il puisse converser avec le client sous forme de chat et l'aiguiller vers des solutions d'investissement ou d'assurance. Mais au final, ChatGPT devrait passer la main à un conseiller pour prendre une éventuelle décision en accord avec le client. Cela permettrait de gagner du temps.

Les questions d'argent revêtent toujours une dimension très personnelle. Comment l'IA peut-elle intégrer les aspects humains et souvent irrationnels de l'argent ?

T.d.R.E. : La question est de savoir si la réglementation relative à l'IA ne doit pas être adaptée précisément au domaine bancaire pour intégrer tous les aspects psychologiques, sociaux, économiques liés à l'argent.

E.N. : Idéalement, nous devons continuer à veiller à ce que l'IA n'ait pas le dernier mot.

■ Propos recueillis par J. d. M.

« Aujourd'hui ,  
le conseil délivré  
grâce à l'IA est  
beaucoup plus  
fin . »

# Pour une IA au service de la créativité

« De la biotechnologie aux beaux-arts, l'IA est en passe de bouleverser le paysage de la création. » Pour étudier les inconnues posées par les technologies émergentes et leur encadrement réglementaire, Jean-Marc Deltorn vient d'obtenir une chaire junior intitulée Dynamique européenne des normes et technologies émergentes (Denote) au sein de l'Université de Strasbourg.

« Comment permettre de favoriser le développement et l'utilisation de ces technologies, tout en respectant les lois et les droits des citoyens, sans pour autant freiner l'innovation et la recherche ? » interroge d'emblée Jean-Marc Deltorn, professeur au Centre d'études internationales de la propriété intellectuelle (Ceipi).

Au travers d'une recherche interdisciplinaire, l'enjeu est d'évaluer de manière quantitative la relation entre un cadre réglementaire européen des technologies émergentes et les processus de valorisation des produits de la recherche. En

## Une chaire interdisciplinaire

Organisées autour de trois axes, quantitatif (cartographie des sciences et techniques), enquête de terrain et analyse juridique, les recherches allient des compétences juridiques, économiques et algorithmiques. La chaire junior Dynamique européenne des normes et technologies émergentes (Denote) est portée par le Centre d'études internationales de la propriété intellectuelle (Ceipi) et le Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta). Elle est soutenue par l'Institut national de la propriété industrielle (Inpi), l'Institut européen entreprise et propriété intellectuelle (IEEPI), Conectus - Société d'accélération du transfert de technologies ainsi que par l'Institut thématique interdisciplinaire (ITI) Makers - Fabrique de la société européenne et l'ITI Innovec - Vectorisation innovante de biomolécules.



Jean-Marc Deltorn, professeur au Centre d'études internationales de la propriété intellectuelle (Ceipi).

d'autres termes, reposer la question de la stratégie de rétribution, celle de la protection des données et du transfert de technologies.

« Il faut aujourd'hui repenser le cadre dans lequel on va pouvoir protéger ces nouveaux objets et valoriser celles et ceux qui y ont contribué afin de garantir aux chercheurs, aux créateurs leur juste place de promoteurs, de contrôleurs et bien sûr de valideurs. Ceci en délimitant ce qui relève de l'automatisme et là où la créativité est intervenue. Quelle que soit la technologie, il y a toujours des hommes et des femmes derrière. »

## Encourager la créativité et l'innovation responsable

Face à l'avènement des modèles d'IA génératives, la question de leur impact sur la place de l'humain dans le processus créatif se pose : « Est-ce que l'IA ne risque pas de nous maintenir dans un espace de conformisme déterminé par les règles de la machine, jusqu'à inhiber l'envie de toute créativité ? » questionne Jean-Marc Deltorn qui souligne que l'IA est capable de produire en quantité des objets rivalisant avec les productions humaines et de constituer un patrimoine dont le périmètre de propriété reste à clarifier.

Autres questionnements : comment encadrer la production de modèles d'IA promouvant l'exploration scientifique et l'inventivité de manière responsable ? « Entre normes et techniques, il y a un équilibre à penser pour que ces nouvelles possibilités servent les créateurs, les concepteurs d'IA, les utilisateurs et, plus généralement, l'ensemble de la société. »

■ Frédéric Zinck

# Formation

L'intégration des sciences

des données



# Enseignement et IA génératives : apprendre à vivre ensemble

Menace ou opportunité pour les pratiques pédagogiques et l'évaluation ? Les IA génératives à l'image de ChatGPT sont des outils avec lesquels il va falloir composer. Comment accompagner les enseignants et les étudiants dans ces nouvelles pratiques ? Entretien avec Sophie Kennel, vice-présidente déléguée à la Transformation pédagogique et directrice de l'Institut de développement et d'innovation pédagogiques (Idip), et Thierry Burger-Helmchen, vice-président délégué à l'Offre de formation.

Comment le sujet des IA est-il appréhendé ?

**Sophie Kennel :** C'est la formation dans son ensemble qui demande à être repensée dans certains domaines, l'informatique ou les langues par exemple : quelles compétences, quels métiers pour demain à l'heure de l'IA ? Comment former les étudiants dans une reconfiguration des compétences et des métiers intellectuels aussi rapide ? C'est une problématique qui demande d'agir vite pour garantir des évaluations rigoureuses et sécurisées mais aussi en profondeur pour faire évoluer la formation en tenant compte de ces bouleversements.

**Thierry Burger-Helmchen :** En juin dernier, nous avons réalisé un premier séminaire sur le sujet proposé à l'ensemble des enseignants-chercheurs de l'université que nous avons doublé avec un questionnaire en ligne. Il montre que 100 % des enseignants sont conscients que ces IA existent et qu'elles ont un impact sur la pédagogie, c'est une connaissance commune, ce qui est rassurant. Pour moi, ces IA représentent la même évolution qu'internet par le passé. Je pense que ChatGPT sera la première source d'information d'ici quelques années à la place de Wikipédia. L'idée est de l'utiliser de manière intelligente. Il faut rester vigilant, ChatGPT a tendance à dire des choses fausses avec un pouvoir persuasif. C'est à nous enseignants d'être capables d'accompagner les étudiants face à ces nouvelles technologies.

Justement, comment l'IA peut-elle être utilisée pédagogiquement parlant ?

**T.B.-H. :** À l'image de l'utilisation d'internet, l'IA peut être employée pour enrichir les cours. Je propose moi-même à mes étudiants des études de cas. Les étudiants doivent décrire la stratégie d'une entreprise. Pour ce faire, ils sont séparés en trois groupes : le premier ne dispose que de ses connaissances, le second d'internet, le troisième d'internet et de ChatGPT. Des collègues juristes utilisent ChatGPT pour effectuer des commentaires de décisions juridiques et les comparer à des décisions réalisées par des humains en demandant qui a raison ou tort.

**S. K. :** Ces exemples montrent tout à la fois la diversité des réponses possibles pour faire des IA un outil utile à

« C'est à nous

enseignants

d'être capables

d'accompagner

les étudiants face

à ces nouvelles

technologies ! »



**Sophie Kennel**, vice-présidente déléguée à la Transformation pédagogique et directrice de l'Institut de développement et d'innovation pédagogiques (Idip).



**Thierry Burger-Helmchen**, vice-président délégué à l'Offre de formation.

la formation des étudiants et la grande créativité des enseignants pour s'adapter aux défis qui s'imposent à nous.

#### Quel impact sur l'évaluation ?

**S. K. :** Les craintes de fraude exprimées dépendent beaucoup des disciplines et des pratiques d'évaluation des enseignants. Il est évident que de nombreuses modalités d'évaluation devront être repensées : les travaux à la maison ou les devoirs qui demandent des réponses formatées présentent le plus de risques. On peut par exemple élaborer des évaluations plus pratiques ou des sujets qui permettent de vérifier réellement l'analyse personnelle. La définition de critères d'évaluation qui valorisent l'originalité du travail, la qualité des références bibliographiques, le respect du droit d'auteur, est aussi déterminante. Mais il faut bien réfléchir à la manière de modifier ces modalités d'évaluation pour éviter d'augmenter la charge de travail des équipes pédagogiques et de scolarité.

**T.B.-H. :** Les étudiants sont plus rapides à utiliser les IA que nous à les comprendre... Mais utiliser une IA reste du plagiat. Des outils permettent de détecter les fraudes mais cela reste difficile à dire avec certitude lorsqu'il s'agit de textes générés par une IA. Pour les examens plus standards, ce qui peut mettre la puce à l'oreille, c'est de constater une grosse différence en termes de réussite comparé au taux de réussite habituel. Aujourd'hui, beaucoup de composantes voient le retour aux examens oraux comme la solution, avec un frein tout de même lorsqu'il y a de grands effectifs.

#### L'université met-elle des choses en place de manière globale ?

**S. K. :** Le conseil d'administration a validé les modifications du règlement général des examens et concours sur la partie concernant le plagiat mentionnant les « outils conversationnels ou rédactionnels à partir d'une intelligence artificielle ». Au-delà de cet aspect lié au respect du droit d'auteur, nous allons mettre en place en 2024 au sein de l'Idip des ateliers pour les enseignants et les étudiants. Pour les premiers, il s'agit d'appréhender les IA comme un outil en plus à intégrer dans la formation des étudiants et de repenser les modèles d'évaluation. Pour les seconds, c'est l'apprentissage de l'IA en lui-même qui est important : savoir bien formuler une question pour obtenir une réponse appropriée à une problématique et surtout savoir critiquer cette réponse. C'est aussi avoir un usage honnête des intelligences artificielles, en particulier lors des examens.

**T.B.-H. :** Un nouveau séminaire autour des IA et de la pédagogie est programmé pour le printemps prochain. Nous menons également une réflexion avec les membres de la Commission de la formation et de la vie universitaire (CFVU) sur la mise en place de modules d'autoformation en ligne sur l'IA et la science de données pour les étudiants de licence. Un domaine disciplinaire qui risque de faire partie des incontournables à l'avenir.

■ Propos recueillis par F. Z. et Marion Riegert

---

## Une offre de formation coconstruite avec le monde socio-économique

C'est une évidence : l'IA va impacter le monde du travail, voire le bouleverser, comme l'informatique l'a fait avant elle. Cette évolution doit être anticipée dans la formation initiale mais également continue car elle concerne les métiers et les professionnels d'aujourd'hui. Comment le Service formation continue (SFC) de l'université intègre cette nouvelle donne dans son offre ? Entretien avec sa directrice, Carole Maillier.

Le SFC propose aujourd'hui trois formations à l'IA à son catalogue. Depuis quand existent-elles ? En quoi constituent-elles un point de départ ?

Depuis trois ans en effet, nous proposons trois formations courtes à l'IA en lien avec les sciences des données ou le *deep learning*. Ces formations sont dispensées par des chercheurs d'ICube\* et des enseignants de l'IUT Robert Schuman, en direction des salariés. Issues d'un programme sur-mesure mis en place pour une grande entreprise locale, ces formations permettent d'identifier l'Université de Strasbourg, au travers du Service formation continue, comme interlocuteur sur cette thématique. Bien



que n'ayant pas encore rencontré leur public, elles peuvent être le socle d'échanges et de projets avec des entreprises industrielles, de service, de télécom, voire de l'éducation ; à savoir qu'un grand nombre d'entre elles travaillent encore sur le volet stratégique.

**Dans quelle direction pensez-vous développer cette activité ?**

Nous sommes proactifs sur cette thématique tant pour identifier les experts au sein de notre université que pour aller à la rencontre des entreprises. Chaque échange avec les experts universitaires nous permet de mieux comprendre l'étendue de cette thématique mais aussi la richesse des compétences disponibles au

« On réfléchit à une offre , nouvelle et complémentaire pour accompagner les transformations directement dans les entreprises . »

sein de notre établissement, chaque projet avec les entreprises nous permet de mieux comprendre leurs attentes en matière de formation pour leur personnel. En juillet 2023, nous avons organisé un congrès formation de la Plateforme intelligence artificielle, pendant cinq jours, qui a réuni 500 personnes : des chercheurs académiques, étudiants et

industriels venus du monde entier. Un moment fort et riche sur cette thématique, qui nous a beaucoup appris.

**Allez-vous « essaïmer » de l'IA dans l'ensemble de votre offre de formation existante ?**

Pas dans l'immédiat de façon systématique et coordonnée, cela reste pour l'instant de l'initiative des équipes pédagogiques. On réfléchit plutôt à une offre nouvelle et complémentaire pour accompagner les transformations directement dans les entreprises. Nous sommes d'ailleurs inscrits dans deux programmes très concrets portés par l'université : le projet Diagnostic stratégie compétences (DSC 4.0), qui consiste à proposer un outil de diagnostic stratégique pour l'industrie. En lien avec l'Usine du futur, ce projet réunit la Faculté de sciences économiques, l'IUT d'Haguenau et la Faculté de physique et d'ingénierie. Quant au projet Strasbourg enseignement numérique en santé (Sens) permettra notamment, grâce à la formation des acteurs, de contribuer à la qualité des données et à leur protection dans le domaine de la santé.

**Quels sont les freins que vous identifiez ? Est-ce que vous avez un vivier d'experts suffisant ?**

Oui, nous disposons d'un vivier de plus de 200 spécialistes de l'IA, avec des approches complémentaires pas seulement informatiques ou mathématiques. Aujourd'hui, nous nous



**Carole Maillier**, directrice du Service formation continue.

organisons pour mettre des spécialistes en face des besoins des entreprises, avec un large panel de solutions offertes par l'université : la formation continue et initiale bien sûr, mais aussi l'alternance, le dispositif Conventions industrielles de formation par la recherche (Cifre) pour bénéficier de l'appui d'un doctorant, et aussi l'expertise universitaire à travers les plateformes de recherche.

Les besoins exprimés par les entreprises sont hétérogènes, nous devons donc travailler à rendre l'offre de services de l'université lisible et accessible tant pour les entreprises que pour les salariés eux-mêmes. Une enquête publiée par IBM en 2022 montre que 77 % des entreprises envisagent d'utiliser l'IA, 35 % l'utilisent déjà, mais 11 % seulement en tirent aujourd'hui de la valeur. Les principaux usages concernent l'industrie, la finance, le commerce. Une autre enquête, de Pôle emploi, met également en avant un chiffre surprenant : 63 % des personnels interrogés déclarent que l'IA améliore les conditions de travail. Comme quoi, l'IA ne génère pas que du stress et de l'inquiétude !

■ Propos recueillis par Caroline Laplane

\*ICube : Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie. Unité mixte de recherche CNRS, Engees, Insa, Université de Strasbourg.

# L'IA s'invite dans de nombreuses disciplines

Le parcours Approches interdisciplinaires en science des données forme des étudiants en master à l'analyse et au traitement des données. Un parcours qui vient compléter la formation disciplinaire initiale de ces étudiants.

« La science des données ne concerne pas seulement l'informatique et les mathématiques, l'ensemble des disciplines ont aujourd'hui accès à des masses

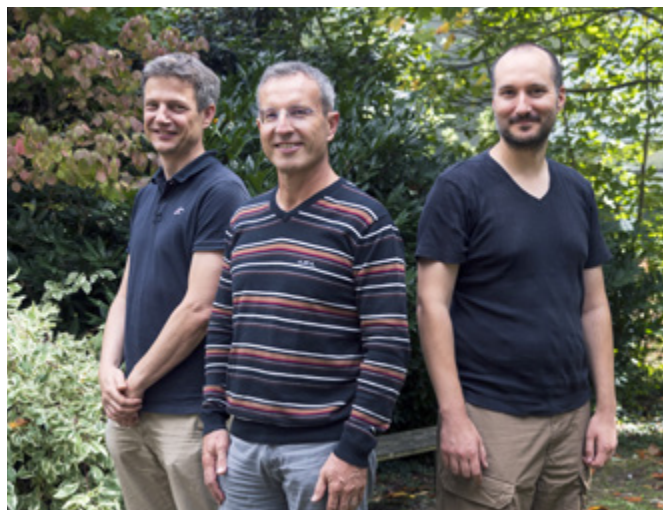
de données », explique Nicolas Lachiche, professeur au laboratoire ICube dans l'équipe Sciences des données et connaissances et coordinateur du parcours dans une équipe de trois personnes. Face à ce constat, avec l'émergence du big data et l'augmentation de la puissance de calcul des programmes informatiques, cet enseignement mutualisé est mis en place entre l'UFR de mathématique et d'informatique, Télécom Physique Strasbourg et l'IUT Robert Schuman en 2019.

À l'image du Certificat informatique et internet (C2i), il ne s'agit pas de former des experts mais d'acquérir une spécialisation en plus d'un enseignement disciplinaire. « Une spécialisation

qui représente tout de même un tiers du temps du master. Un véritable atout pour la recherche de stage de fin d'études et le projet professionnel », indique Étienne Birmelé, professeur à l'Institut de recherche mathématique avancée (Irma).

## Favoriser l'interdisciplinarité

Pas de prérequis en mathématiques ou en programmation informatique pour ces étudiants qui sont issus de masters en biologie, en droit, ou en langues. « Ce sont les composantes qui choisissent d'inscrire ce parcours adossé à leur offre de masters », ajoute Étienne Birmelé. À l'heure actuelle, huit masters proposent ce parcours. Au travers d'une dizaine de modules qui couvrent le traitement et le



De gauche à droite : **Étienne Birmelé**, professeur à l'Institut de recherche mathématique avancée (Irma), **Nicolas Lachiche**, professeur au Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube) et **Xavier Dolques**, enseignant-chercheur contractuel.

stockage des données, la programmation, l'apprentissage supervisé ou encore l'éthique, les étudiants acquièrent les bases nécessaires pour analyser un jeu de données.

« L'objectif est également de développer leur esprit critique face à la masse de données et de les rendre sensibles aux biais potentiels », explique Nicolas Lachiche.

Au-delà de l'imprégnation à la science des données et aux possibilités offertes par l'IA, ce parcours favorise l'interdisciplinarité en proposant aux étudiants de disciplines différentes de travailler sur un même projet. « Une bonne manière de leur donner une vision très large de ce qu'il est possible de faire avec l'intelligence artificielle, mais aussi de les sensibiliser à la qualité des sources et au risque de se noyer dans les données », indique Nicolas Lachiche.

■ F.Z.

« L'objectif est également de développer leur esprit critique face à la masse de données et de les rendre sensibles aux biais . »

## De la littérature, à la médecine, à l'environnement...

Parmi les projets étudiés les années précédentes : Les romans britanniques de 1178 à 1814 et leur portée didactique : comparaison de deux corpus de textes, L'analyse lexicale des métadonnées de transcriptomique : une application au cas du cancer de la prostate, ou encore La sensibilité aux ondes du Grand hamster d'Alsace. « Les étudiants sont confrontés à des vrais jeux de données. Au travers de ce parcours, ce n'est pas seulement l'utilisation de l'outil qu'il est important d'acquérir, c'est aussi la capacité à se détacher de cette boîte noire qu'est l'IA. Le principal temps de travail n'est pas le lancement du calcul mais la réflexion qui le précède », explique Étienne Birmelé.

# « L'interdiction est une non-réponse »

Dans le sillage de la sortie de ChatGPT sont apparus de nombreux commentaires et inquiétudes, notamment chez les enseignants. Faut-il interdire l'usage de ces outils ? Quelle place leur accorder ? Entretien avec Alexandra Knaebel, vice-présidente Formation de l'Université de Strasbourg.



**Alexandra Knaebel,**  
vice-présidente Formation de  
l'Université de Strasbourg.

Quelle est la position de l'Université de Strasbourg concernant l'utilisation d'IA génératives telles que ChatGPT ? Y a-t-il une volonté de l'interdire ?

À mon sens, interdire l'utilisation des IA génératives serait une erreur dès lors que ces technologies font partie de notre quotidien, les IA sont une réalité. Il est probable que la plupart de nos étudiants seront amenés à les utiliser dans leur environnement professionnel

une fois diplômés. Notre mission d'enseignant est d'accompagner les étudiants, de les préparer au mieux pour leur avenir, notamment en leur apprenant à utiliser ces outils de manière éclairée, en leur présentant les avantages mais aussi les limites de ces nouvelles technologies.

On peut comparer le débat qui se joue autour des IA génératives à celui qui s'est tenu il y a quelques années autour de l'arrivée d'internet. Les arguments avancés par les détracteurs de l'IA sur l'instantanéité, la facilité de l'accès à l'information et la fiabilité des sources sont similaires.

**Avec l'arrivée de ces outils se pose la question de l'évaluation. Comment répondre à cette problématique ?**

Il est certain que l'arrivée de ces outils questionne l'évaluation autant dans sa forme que son contenu. C'est notamment le cas lorsque les évaluations sont basées sur la production rédactionnelle hors temps d'examen par exemple. Il pourra s'avérer nécessaire de repenser complètement certaines formations : les objectifs d'apprentissage, les contenus de formation et bien sûr l'évaluation, qui doit être alignée avec les objectifs visés.

L'enjeu est de taille, il s'agit de vivre avec l'IA et l'intégrer dans notre offre de formation.

**Aujourd'hui, quelle est l'offre de formation en IA à l'Université de Strasbourg ? Et quelle sera-t-elle demain ?**

On dénombre aujourd'hui une dizaine de formations qui sont centrées sur l'intelligence artificielle. Ce sont plutôt des formations de niveau master. En parallèle, il y a des formations disciplinaires qui proposent une ouverture à l'IA et la science des données.

En ce qui concerne l'offre en formation continue, il existe quelques formations courtes, répondant aux besoins du milieu socio-économique.

Concernant l'offre de formation initiale, nous finalisons les maquettes de la nouvelle offre de formation de l'établissement qui sera effective en septembre 2024. Une note de cadrage intégrant les directives ministérielles, les contraintes réglementaires ainsi que les orientations stratégiques de l'établissement a été élaborée au printemps 2022 pour accompagner les réflexions et travaux des collègues sur l'élaboration des maquettes de formation ; celle-ci stipule que chaque cycle de formation intègre les problématiques liées aux enjeux sociétaux mais sans faire explicitement mention de l'intelligence artificielle. Certaines formations ont d'ores et déjà intégré cette dimension dans leurs maquettes. D'autres le feront probablement en cours de contrat, les contenus de formation n'étant pas figés et amenés à évoluer pour s'adapter aux attentes et besoins des étudiants et des employeurs.

■ Propos recueillis par Fanny Cygan

« L'arrivée  
de ces outils

questionne

l'évaluation

autant dans

sa forme que sur

le contenu. »

# Coller aux réalités

Les intelligences artificielles doivent-elles inquiéter les traducteurs quant à leur avenir ? Quelle est la valeur ajoutée de ces outils et comment les formations préparent-elles à ces évolutions des métiers de la traduction ?

Ces 20 dernières années, les logiciels de traduction automatique neuronale puis les IA génératives ont réalisé des progrès fulgurants. Avec des corollaires : « Il y a une douzaine d'années qu'ont été introduits les exercices de post-édition ou post-traduction, destinés à réviser des textes produits par des machines », rappelle Alain Volclair, chef du département Traduction de l'Institut de traducteurs, interprètes et relations internationales (Itiri). Pour lui, le développement de ces outils peut être perçu comme un précieux atout pour ce qui est des contenus pragmatiques, du moins dans les langues dominantes, en permettant de soigner la qualité finale du document post-édité. « Aujourd'hui, alors que la demande en traduction augmente, les clients exigent à nouveau une qualité stylistique. » Grâce aux progrès des logiciels, la personne qui assure la post-édition peut peaufiner le rendu final en



**Alain Volclair**, chef du département Traduction de l'Institut de traducteurs, interprètes et relations internationales (Itiri).

l'adaptant au registre du client. Mais les traducteurs restent plus performants dans les domaines institutionnels, littéraires ou audiovisuels... pour lesquels la connaissance du contexte et de la cible est essentielle : « Avec la traduction automatique, on perd ce que l'on appelle, dans le jargon de la traductologie, le skopos, c'est-à-dire ce qui provoque une réaction chez le lecteur. La machine ne sait pas (encore ?) saisir l'implicite. Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'il y a des documents confidentiels qu'on ne peut pas traiter en ligne. »

## Un virage nécessaire

La formation des traducteurs a suivi l'évolution technologique en adaptant ses contenus aux nouvelles exigences. « Le virage est nécessaire pour se singulariser et coller aux réalités.

Le métier demande de plus en plus d'être multitâches, d'avoir une vision transversale », observe Alain Volclair, qui dirige les masters de traduction des trois orientations : spécialisée, audiovisuelle et édition. L'évolution passe par le développement de secteurs-niches et le traducteur apprend aussi, car il peut être appelé dans l'exercice de son métier, à produire de la rédaction technique bilingue, à optimiser l'utilisation des moteurs de recherche (SEO) par transfert culturel, à faire de la « transcréation » en adaptant des sites web aux exigences de marketing des publics spécifiques, à faire de l'interprétation judiciaire, à développer l'accessibilité audiovisuelle... « Nos masters sont tous labellisés par la Commission européenne. Et 70 % de nos intervenants sont des professionnels, qui connaissent bien le marché et ses attentes. »

Les candidats aux métiers de la traduction ne semblent pas, en tout cas, être trop méfiants face à l'avenir, si l'on en juge d'après les 738 candidatures qu'a reçues l'Itiri cette année pour son nouveau master Traduction technique, éditoriale et audiovisuelle (TTEA)... alors que 38 places seulement y étaient disponibles !

■ M.N.

« Le métier demande de plus en plus d'être

multitâches ,

d'avoir une

vision

transversale . »

# Ingénieur chimiste passionné de data

Paul Proença est un ingénieur chimiste diplômé de l'École européenne d'ingénieurs en chimie, polymères et matériaux (ECPM). Il fait partie de la première promotion issue de la majeure Intelligence artificielle et chimie créée fin 2020. Quel métier exerce-t-on après un tel parcours ? Paul partage son expérience.



**Paul Proença**, diplômé de l'École européenne d'ingénieurs en chimie, polymères et matériaux (ECPM), est aujourd'hui *project manager officer* chez L'Oréal.

Visionnaires, Sylvie Bégin, alors directrice de l'ECPM et Loïc Jierry, responsable pédagogique décident de créer la majeure Intelligence artificielle et chimie il y a quatre ans. En collaboration avec d'autres composantes de l'université, ils conçoivent un programme ayant pour objectif de former des ingénieurs à l'interface de la chimie, des matériaux et de l'intelligence artificielle. Les étudiants suivent des cours de chémoinformatique, modélisation moléculaire ou chimie quantique et sont

également formés à plusieurs langages de programmation tels que Python, Visual Basic for Applications (VBA) ou R, leur permettant d'acquérir les bases nécessaires en sciences des données.

Pour cette première promotion, seuls cinq étudiants s'engagent dans le cursus. Paul Proença en fait partie. « *Ce cursus est exigeant puisqu'on suit les cours de la majeure en plus de notre cursus d'ingénieur chimiste*

*classique, mais je dois dire que nous avons bénéficié d'un super accompagnement de la part de l'école. Les équipes ont été à l'écoute de nos retours et prêtes à adapter le cahier des charges* », relate-t-il.

Passionné par les sciences des données, Paul oriente ses expériences professionnelles dans ce sens. Les sujets sont divers, témoignant du besoin croissant des industries pour ces compétences émergentes. Lors d'un premier stage chez L'Oréal, il développe une solution permettant d'encoder les structures moléculaires sous forme de vecteur, étape clé pour pouvoir s'aider d'une intelligence artificielle et ainsi concevoir de futures constructions moléculaires.

Après un an d'alternance au sein du groupe Sanofi où il travaille sur l'industrialisation des vaccins à ARN messenger, il intègre le Graduate program du groupe L'Oréal. Ce parcours de recrutement très sélectif, destiné aux jeunes diplômés à fort potentiel, lui permettra d'explorer différents postes. Pendant seize mois, Paul effectuera des « *rotations d'environ six mois* » qui l'amèneront à endosser plusieurs rôles dans différentes divisions de la R&D de l'entreprise.

## Une double casquette particulièrement utile

Aujourd'hui, Paul occupe un poste de *project manager officer*, il gère pour L'Oréal des projets de R&D ayant une dimension digitale. Il coordonne au quotidien les échanges entre les différentes parties prenantes du projet dont il a la charge. « *Ma double casquette d'ingénieur chimiste spécialisé en IA m'est particulièrement utile pour comprendre les enjeux et besoins de mes collègues chimistes, tout comme ceux des équipes qui travaillent sur les problématiques techniques des algorithmes ou des données* », relate-t-il.

Interrogé sur l'impact de sa formation sur son entrée dans le monde professionnel, le constat de Paul est sans équivoque. « *Mon employabilité a été boostée par les compétences en data science que j'ai pu acquérir grâce à la majeure. Ma formation m'a donné les bases pour développer des projets en entreprise. Elle me permet de prendre du recul par rapport aux problématiques qui sont posées. Je recommande, c'est une très bonne filière!* », conclut-il.

■ Fanny Cygan

« *Ma formation m'a donné les bases pour développer des projets en entreprise* . »

**Vivre ensemble**

Favoriser

l'esprit

critique



# Les multiples formes de l'intelligence

Révolution technologique de ce début de XXI<sup>e</sup> siècle, l'intelligence artificielle (IA) n'est pas sans susciter des interrogations. L'IA est-elle vraiment une forme d'intelligence ? Peut-on la comparer à l'intelligence humaine ? Françoise Longy, maîtresse de conférences à la Faculté de philosophie\*, spécialiste de la philosophie des sciences, du langage et de la logique apporte sa réflexion sur le sujet.

## Qu'est-ce que l'intelligence ?

Notre vision de l'« intelligence » a évolué. Auparavant on pensait qu'il existait une faculté générale, s'appliquant à tout de la même façon, qui expliquait la rationalité humaine. Au XX<sup>e</sup> siècle, à mesure que les études menées en psychologie ont permis de découvrir la multiplicité de nos capacités, on a fini par abandonner cette idée d'une faculté unique qui serait à la source de notre capacité de penser. Maintenant, on considère plutôt que ce sont les différentes capacités intellectuelles qui nous permettent d'analyser notre environnement et de nous y adapter, qui méritent d'être qualifiées d'intelligentes. Ainsi, on peut désormais parler d'intelligence émotionnelle – capacité de comprendre les émotions, les siennes et celles d'autrui. Et certaines de ces capacités peuvent d'ailleurs exister aussi chez des animaux.

## Est-ce que l'IA est une forme d'intelligence ?

Pour comparer l'intelligence artificielle à l'intelligence humaine, on aurait besoin de savoir ce que recouvre exactement cette dernière expression. Or, ce n'est pas clair. Une façon cependant de les comparer est de voir ce que l'homme et l'IA réussissent à faire en termes d'analyse des situations et de résolution de problèmes. De ce point de vue, on ne peut nier que l'IA mérite son qualificatif d'« intelligente ». Dans certains cas, elle l'est même plus que l'homme : l'IA réussit très bien, par exemple, dans des domaines tels que le jeu d'échec ou certains diagnostics médicaux. Mais ses performances consistent dans des réponses ponctuelles à des questions précises. Cela ne va pas au-delà : il n'existe pas de robot ou de programme qui, comme le cerveau humain, a la capacité de traiter

tous types de problèmes. En ce sens, l'IA diffère de l'intelligence humaine.

## Comprend-on le fonctionnement de l'intelligence artificielle ?

Avec le développement du *deep learning* et des réseaux neuronaux, on se pose beaucoup de questions sur ce qui peut expliquer et justifier les résultats produits par ce type d'IA. Malheureusement, ces formes d'IA restent en majeure partie des boîtes noires. Elles ne fournissent pas de justification. On ne peut retranscrire leur travail sous la forme d'un raisonnement précis dont on pourrait lister l'ensemble des inférences et des hypothèses sous-jacentes. Mais en cela, elles ne sont finalement pas très différentes d'un être humain. Le médecin qui pose un diagnostic est-il capable de décrire tous les éléments qui interviennent dans son raisonnement et toutes ses hypothèses ? Non, presque jamais. Son raisonnement s'appuie certes, souvent, sur des données objectives obtenues grâce à l'examen du patient ou à des analyses biologiques, mais sa réflexion ne se limite pas à cela. Interviennent aussi d'autres éléments, plus ou moins conscients, qui sont le fruit de la pratique accumulée au cours des années, ce que souvent on appelle, faute de mieux, son intuition ou son expérience.

Pourquoi et comment la conscience s'est développée chez l'être humain est l'objet de nombreuses spéculations. Une idée assez populaire est que la conscience apparaît à partir d'un certain niveau de performance et de complexité. Cependant, si on développe un programme extrêmement performant et complexe pour piloter un avion, il semble peu probable qu'il développe une conscience. Perfectionner les programmes, augmenter la capacité de calcul et la puissance des puces ne conduit pas à produire de la conscience.

## L'IA peut-elle présenter un danger pour l'homme ?

Pour l'heure les intelligences artificielles sont programmées pour répondre à des objectifs précis mais il ne fait aucun doute que des travaux

« C'est à mon avis un fantasme de penser que les IA vont se développer au point de devenir dangereuses, pour l'humanité, avec des objectifs qui ne seraient pas ou plus les nôtres. »

sont menés pour les rendre plus polyvalentes. Des compétences acquises pour la résolution de certains problèmes peuvent déjà être utilisées pour en résoudre d'autres. Cependant, c'est à mon avis un fantasme de penser que les IA vont se développer au point de devenir dangereuses pour l'humanité, avec des objectifs qui ne seraient pas ou plus les nôtres. Il faudrait les avoir

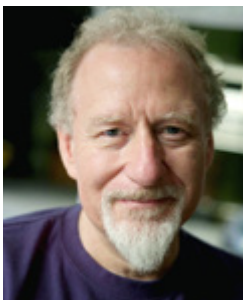
programmées en ce sens. Mes craintes résident davantage dans l'accélération phénoménale des progrès technologiques en général. Cela va trop vite pour qu'on en maîtrise les conséquences et donc les risques.

■ E. A.

\* Françoise Longy a pris sa retraite le 1<sup>er</sup> septembre 2023. Elle enseignait notamment au sein du master Science et société qui étudie l'impact des développements scientifiques et technologiques sur la société.

## Une IA peut-elle être éthique ?

Lorsque les machines nous font prendre – ou pire, prennent par elles-mêmes – des décisions, sont-ce des bonnes ou des mauvaises décisions pour nous ou pour l'humanité en général ? Bref, l'intelligence artificielle peut-elle être éthique ? Quelques éléments de réponse à cette question vertigineuse avec Pierre Collet.



**Pierre Collet**, professeur des universités en informatique, codirecteur de l'équipe de recherche Systèmes complexes et bio-informatique translationnelle du laboratoire ICube.

Vous êtes au volant de votre voiture sur une route de montagne. Vitesse : 80 km/h. Une courbe vers la droite. À gauche, en contrebas, le torrent ; à droite, la falaise masque la visibilité à la sortie du virage. Et justement à la sortie du virage, là, juste devant vous, un groupe de manifestants, banderoles au vent, barre la route à l'entrée d'un tunnel. Vous n'avez que deux choix : rentrer dans le groupe de manifestants ou foncer sur le parapet. Et moins d'un dixième de seconde pour

réagir ! C'est Pierre Collet, professeur des universités en informatique, codirecteur de l'équipe de recherche Systèmes complexes et bio-informatique translationnelle du laboratoire ICube, qui raconte l'histoire. Imaginez maintenant que vous êtes confortablement installé dans une voiture autonome. La situation est exactement la même. Seulement cette fois, la voiture seule est aux commandes. Que va-t-elle décider ? Là où vous auriez effectué un choix instinctif, en un millième

de seconde, la voiture va pouvoir faire référence à une base de règles imaginées, réfléchies et validées par le comité d'éthique de la marque de la voiture, avant de prendre sa décision. La décision de la voiture sera donc plus étayée que la vôtre, mais cette décision sera-t-elle plus éthique ?

### Vers une IA autonome, explicable et éthique

Nous sommes là au cœur du sujet de recherche de Pierre Collet : imaginer une IA plus autonome, plus explicable et plus éthique. Une IA autonome crée ses propres lois. Une IA explicable utilise un formalisme (une base de règles explicites, par exemple) permettant de comprendre les décisions prises : les raisons pour lesquelles la machine a fait ça ou pas. Pour revenir à l'exemple de notre voiture autonome, elle a aussi pu proposer au comité d'éthique de sa marque de nouvelles règles, qu'elle pourra utiliser si elles ont été validées, et, à la sortie du virage, prendre une décision relevant d'une des règles qu'elle aura elle-même élaborée. On sera bien face à une IA autonome et explicable.

Maintenant, cette décision sera-t-elle éthique ? « C'est le nœud du problème », sourit Pierre Collet. L'algorithme peut-il être éthique ? La réponse se complique dès lors qu'on a bien conscience que les règles éthiques varient d'un groupe humain à l'autre. Entre la Russie, la Chine, l'Europe ou les États-Unis, les lois éthiques ne sont pas les mêmes. « Il n'existe pas d'éthique universelle », précise le chercheur. Jusqu'à maintenant, nous avons des objets qui

« Vous voulez

une IA

éthique ?

Allez voir les

philosophes ! »



## Faites de la philosophie !

Pour Pierre Collet, la clé de l'éthique de l'intelligence artificielle, c'est la philosophie : *« Il existe plein d'éthiques différentes : déontologiques, conséquentialistes, utilitaristes, empiriques... Maintenant que nous avons créé des entités potentiellement autonomes qui interagissent avec des humains, il est fondamental qu'elles suivent un modèle éthique, mais malheureusement les personnes dont le métier est de concevoir les IA ne savent pas ce qu'est l'éthique, car elles ne s'intéressent pas à ce qu'elles ne considèrent pas comme étant un domaine technique. »*

Les Franco-Allemands ont une éthique fondamentalement différente des Anglo-Saxons. Les Allemands, avec Kant, sont rigoristes ; les Français, avec Alain, sont plus conséquentialistes : ils envisagent davantage les conséquences de leurs actes. Mais pour l'un et l'autre, la bonne action repose sur le désintéressement. Les Anglo-Saxons sont, eux, utilitaristes : il est normal que toute entité autonome agisse par intérêt. Et donc, la question est posée. L'IA doit-elle agir à la manière des rigoristes, des conséquentialistes, des utilitaristes... ? Et Pierre Collet de conclure : *« Sans avoir étudié la philosophie, nous réinventons la roue en nous privant de siècles de réflexions fondamentales sur le sujet. »*

*interagissaient entre eux, des animaux humains ou non humains qui interagissaient entre eux, des animaux, des humains, des objets qui interagissaient entre eux... mais voilà qu'arrive l'IA. C'est une nouvelle "entité autonome mais inanimée" avec laquelle nous devons apprendre à interagir. »*

Les données ou les connaissances elles-mêmes ne sont pas « éthiques ». Ce qui est éthique ou pas, c'est la manière dont on les utilise. *« Et là, nous rentrons dans un domaine sur lequel les philosophes réfléchissent depuis des millénaires, poursuit Pierre Collet. Si les informaticiens veulent améliorer l'éthique de l'IA, ils doivent faire de la philo. Vous voulez une IA éthique ? Allez voir les philosophes ! »* C'est cette connaissance et cette prise en compte de la philosophie qui fera que les informaticiens, avec les membres du comité d'éthique, auront permis à la voiture autonome, à la sortie du virage, de prendre une décision plus éthique.

■ J. d. M.



# « ChatGPT ne nourrira jamais l'esprit critique des étudiants »

L'IA va-t-elle modifier l'acte d'apprendre... et d'enseigner ? Ne va-t-elle pas même dispenser de la nécessité d'apprendre ? Comment l'université s'empare-t-elle de la problématique de l'IA ? Réponse avec deux étudiants aux premières loges : Angeline Okombi, vice-présidente Vie universitaire et Jehan Gounelle, vice-président étudiant du Conseil académique.

Dans votre parcours d'étudiant, l'intelligence artificielle vous est-elle utile ?

**Jehan Gounelle :** Je ne l'ai jamais utilisée dans le cadre d'un travail mais, au moment où les médias ont tellement parlé de ChatGPT, j'ai voulu voir ce que cela donnait sur des sujets que je maîtrisais. Et finalement je n'ai pas trouvé de résultats incroyables. Ce n'est pas un outil de réflexion, ni de création de contenu, c'est un outil de pure exécution. En plus, il ne donne pas ses sources. Pour de la réflexion, pour de la recherche, cela ne fonctionne pas.

**Angeline Okombi :** Je suis allée voir par curiosité. Et par ailleurs, je l'ai testé pour des lettres de

motivation : cela peut donner des idées. Cela peut être utile pour des formulations, par exemple en droit, mais si on n'a pas sa propre réflexion, cela n'aidera pas beaucoup.

L'IA ne se limite pas à ChatGPT. L'IA comme aide à l'apprentissage, cela vous parle-t-il ?

**J. G. :** Plus qu'une assistance à l'apprentissage, je vois plutôt l'IA comme une assistance à l'exécution de ce que l'on a appris : exécuter une tâche que l'on sait faire afin de gagner du temps. Le meilleur exemple, ce sont nos smartphones, qui, quand on écrit un SMS, nous suggèrent des mots pour nous faire gagner du temps. C'est ce genre d'utilisation de l'intelligence artificielle qui peut être pratique pour les étudiants.

**A.O. :** À titre personnel, dans mes fonctions électives au sein de l'université, j'ai déjà dû rédiger des mails en anglais, l'intelligence artificielle aide à trouver la bonne formulation.

**Enfin, cela vaut-il encore le coup d'apprendre, dès lors que toute la connaissance est dans notre smartphone ?**

**J. G. :** Toute la connaissance était déjà disponible avant même l'intelligence artificielle. La vraie nouveauté, c'est effectivement que tout est accessible en quelques clics. Mais je prends l'exemple des mathématiques, si à chaque fois que vous recherchez une formule, vous la cherchez sur votre smartphone, vous perdez cinq minutes. En outre, beaucoup de travaux mobilisent notre réflexion plus que nos connaissances. Il est absolument nécessaire de continuer à apprendre.

**A.O. :** ChatGPT ne nourrira jamais l'esprit critique de l'étudiant. C'est la connaissance délivrée par l'enseignant et digérée par l'étudiant qui nourrit cet esprit critique.

**Quand ChatGPT est apparu, cela a été panique à bord dans le milieu enseignant sur la question de la triche. Comment avez-vous réagi à cette appréhension ?**

« Beaucoup de travaux mobilisent notre réflexion plus que nos

connaissances

Il est absolument

nécessaire de

continuer à

apprendre . »



**Jehan Gounelle**, étudiant à l'Institut national supérieur du professorat et de l'éducation (Inspé), en césure pour se consacrer à ses engagements associatifs et **Angeline Okombi**, étudiante à l'Institut de préparation à l'administration générale (Ipag), titulaire d'un DU « Droit, religion, société ».

A.O. : Les étudiants n'ont pas d'abord envisagé ChatGPT comme un outil de triche, mais plus comme un soutien de ce qu'ils savaient déjà. Ce sont surtout les médias qui ont porté l'accent sur ce point.

J. G. : Pour l'instant, je n'ai jamais eu à traiter de cas de triche. La triche aux examens est un phénomène vieux comme le monde, ce n'est pas cet outil qui changera quoi que ce soit. Et j'ajouterais même que pour tricher, il faut savoir l'utiliser... c'est aussi une forme de connaissance.

Justement, l'université vous forme-t-elle suffisamment à l'utilisation de l'IA ? Quelle que soit la composante, il y a des cours d'informatique ou d'anglais, faut-il mettre en place des cours d'IA ?

J. G. : En licence, la certification Pix est obligatoire : elle a pour but d'évaluer les connaissances de l'étudiant en bureautique (Word, PowerPoint, Google Maps, Excel...). Ce n'est pas à proprement parler un cours d'informatique. Actuellement, il n'existe pas

de cours d'IA proposé à tous les étudiants, mais une réflexion sur le sujet est en cours.

A.O. : On pense plutôt à des unités d'enseignement libres, plus qu'à en faire un enseignement obligatoire dans chacune des formations. Je ne pense pas que cela soit utile pour toutes les formations.

Suivriez-vous l'enseignement d'une machine, d'un robot ?

A.O. : Non, j'ai besoin, comme beaucoup d'étudiants du contact humain avec une personne qui sait, qui a l'expérience pour transmettre et donner envie.

J.G. : J'ai déjà essayé d'apprendre des langues grâce à une application : cela ne m'a pas convaincu. Il manque l'échange relationnel. La transmission de savoirs, c'est un échange entre une personne porteuse de savoirs et une personne en apprentissage.

■ Propos recueillis par J. d. M.

## IA et santé, des avancées spectaculaires en perspective

L'intelligence artificielle se développe dans tous les domaines, la santé n'échappe pas à la règle. Entretien avec Jean Sibilia, doyen de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences de la santé de Strasbourg de l'Université de Strasbourg et président de la Fondation force, sur l'utilisation, les apports et les limites de ce nouvel outil qui pourrait faire progresser la médecine de manière spectaculaire.

*« De nos jours, la médecine reste très, trop, observationnelle et curative. Il faut trouver des outils pour aller vers une médecine plus prédictive, préventive et personnalisée. Grâce à la puissance de l'IA, nous pourrions analyser des données liées à des*

*maladies complexes que l'on n'était pas capables d'agréger avant », se réjouit Jean Sibilia qui évoque trois volets de l'utilisation de l'IA en santé qui permettent d'illustrer son impact potentiel.*

• **En recherche, améliorer les connaissances sur les maladies**

Utilisée en recherche, l'IA permet d'analyser une quantité massive de données et ainsi avancer dans la compréhension des maladies. Pour illustrer ce nouveau champ des possibles, Jean Sibilia donne l'exemple du projet européen piloté par l'Université de Strasbourg, Clinnova. Ce dernier vise à collecter les données de près de 3 000 personnes atteintes de maladies inflammatoires, comme la polyarthrite rhumatoïde, la sclérose en plaques et la maladie de Crohn, pour les agréger dans une plateforme de données européennes.

*« Ces données portent sur la santé des personnes, leur environnement géographique et psychosocial que l'on appelle l'exposome. Des outils connectés fourniront aussi des informations du quotidien », détaille Jean Sibilia qui précise que l'analyse par l'IA permettra de déterminer les points clés de ces maladies et leurs mécanismes, mais aussi d'analyser le pronostic et déterminer le meilleur traitement pour chacun. « Il sera alors possible de prédire et prévenir. »*

• **Améliorer l'organisation des soins et la prise en charge des patients**

Autre avantage de l'IA, dans le soin aux patients cette fois. Avec son utilisation dans l'organisation



**Jean Sibilia**, doyen de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences pour la santé de l'Université de Strasbourg et président de la Fondation force.

des consultations notamment urgentes, et des soins, par exemple dans les blocs opératoires. « *L'IA analyse plus de données de manière instantanée, de façon plus complète et objective, sans être soumise aux aléas d'erreurs que peuvent être la fatigue, l'énervernement, la subjectivité...* », précise Jean Sibilia qui souligne que c'est tout de même l'humain qui choisit les données qu'il rentre dans la machine. « *L'IA doit s'ajouter et soulager l'intelligence humaine pour donner plus de temps et de liberté aux soignants.* »

L'IA est également employée en aide au diagnostic en radiologie ou dans les analyses biologiques par exemple. « *Avec une capacité d'analyse supérieure et un meilleur diagnostic que l'homme à condition d'avoir entraîné la machine correctement, avec un maximum de données bien analysées. La qualité des algorithmes d'analyse sera toujours conditionnée par la qualité des données utilisées pour les construire. La part "humaine" médicale reste donc majeure.* »

#### • Des traitements ciblés

L'IA peut servir à mettre en place des traitements personnalisés avec un meilleur rapport bénéfice/risque. Autre intérêt : guider les robots, permettant ainsi de réaliser une chirurgie moins invasive et plus précise. L'avantage de l'outil est qu'il peut « s'auto-développer » grâce à un apprentissage « profond » (*deep learning*).

### Une innovation qui doit rester vertueuse

Malgré toutes ces avancées majeures, l'IA pose de nombreuses questions. Par exemple, en cas d'erreur de l'IA, qui est responsable ? Le médecin qui a utilisé l'IA ou le concepteur de l'algorithme ? « *Il faut donc réfléchir ensemble à des stratégies*

*d'évaluation et de validation rigoureuses qui incluent une réflexion sur la responsabilité.* »

L'IA pose aussi des questions éthiques et déontologiques concernant l'utilisation et la sécurisation de toutes ces données. « *Dans l'avenir, nous pourrions prédire le risque individuel, ce qui pose des questions en terme "d'assurance" des risques et de solidarité au niveau de la société en cas de risque connu. Un monde nouveau s'ouvre à nous avec des incertitudes, mais des perspectives formidables. Faisons le meilleur usage de ces outils, sans perdre l'indispensable dimension humaine des soins. L'innovation et le progrès doivent rester vertueux.* »

■ M. R.

## Zoom sur deux projets de la Fondation force liant IA et santé

### Endométri-ose 3D

Maladie chronique gynécologique qui touche environ 10 à 15 % de la population féminine en âge de procréer, l'endométriose représente un véritable défi pour la médecine. Et pour cause, il n'existe pas à ce jour de traitement permettant de guérir la maladie. L'une des propositions est le traitement chirurgical consistant à retirer toutes les lésions endométriosiques. Une technique invasive qui peut entraîner certaines complications post-opératoires. Porté par la Fondation force pour l'innovation et la recherche en santé située à Strasbourg, le projet Endométri-ose 3D développé par Visible Patient consiste à bâtir une base de données par la modélisation 3D interactive d'endométrioses permettant d'entraîner un algorithme à base d'IA visant à automatiser le processus. Ce travail aboutira à l'unique offre de modélisation 3D préopératoire pour les endométrioses, devant améliorer sensiblement la prise en charge chirurgicale de cette pathologie.

### Geopromed

Le projet porté par la Fondation force a comme objectif – à partir d'une base de données qualifiée – d'entraîner un algorithme d'IA permettant de différencier de manière non invasive (imagerie par micro-scanner) les divers types de lésions de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs afin de pouvoir d'emblée choisir le traitement adapté au patient et d'optimiser son parcours de soin.

 [fondation-force.fr](http://fondation-force.fr)

# « Nous risquons de voir des troubles de l'adaptation »

Influentes aujourd'hui, omniprésentes demain, les intelligences artificielles seraient-elles dangereuses pour notre santé mentale ? Éléments de réponse avec Jack Foucher, neurologue et psychiatre, membre du Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube) et du Centre de neuro-modulation non-invasive de Strasbourg (Cemnis).



Jack Foucher, neurologue, membre du Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube) et du Centre de neuro-modulation non-invasive de Strasbourg (Cemnis).

Est-ce que les intelligences artificielles peuvent provoquer des pathologies psychiatriques ? Je n'emploierai pas le terme de pathologie. Dans une pathologie, on sous-entend habituellement qu'un processus cérébral serait dysfonctionnel. Rien de tel dans ce cas. En revanche, les différentes formes d'IA entraînent et vont entraîner des changements dans notre environnement social et professionnel qui ont toute chance de générer des troubles de l'adaptation. Ces derniers seront d'autant plus importants que

ces changements seront brutaux, sans possibilité d'anticipation « stratégique » et encore moins d'adaptation biologique.

Un bel exemple nous est donné par les effets de la virtualisation des interactions sociales qui a connu un boom durant la période de confinement. On commence tout juste à en voir certains effets pervers. Ce n'est rien de nouveau, toutes les transformations sociales se sont accompagnées d'une phase d'adaptation. La nouveauté néanmoins est peut-être la rapidité avec laquelle s'enchaînent ces changements et leur caractère parfois radical. Mais encore une fois, il ne s'agit pas de maladies à proprement parler et je parle là de choses qui sortent donc de mon champ d'expertise.

À partir de quand cela peut être considéré comme dangereux ?

C'est déjà dangereux aujourd'hui... Enfin plus à l'échelle sociale qu'à celle de l'individu. Les

IA qui mettent les gens en rapport sur la base d'idées communes, ou qui suggèrent telle vidéo plutôt qu'une autre en rapport avec ses goûts ou ses croyances, enferment les personnes dans des sous-cultures où elles ne sont exposées qu'à des pensées analogues à la leur et ne les confronte plus à des pensées alternatives – c'est particulièrement frappant sur YouTube comme sur TikTok pour des actualités clivantes comme la guerre en Ukraine.

Dans le meilleur des cas, ça ne fait que renforcer notre tendance naturelle au biais de confirmation. Au pire, ces sous-cultures banalisent la radicalité et la violence et développent carrément de fausses informations – les fameuses « vérités alternatives » qui sont pour le scientifique que je tente d'être un sujet de perplexité mais aussi de véritable inquiétude pour l'avenir.

Comment se protéger sauf à ne plus utiliser ces réseaux sociaux ?

À l'échelle individuelle, comprendre comment ces IA amplifient nos biais cognitifs et apprendre quelques stratégies d'hygiène intellectuelle serait déjà un premier pas. Mais il me semble impossible de demander à chaque citoyen de vérifier les faits qu'il énonce ou de s'assurer de la fiabilité de ses sources. En plus la majorité des individus ne s'y intéressent pas. Quand on est capable de gober les vérités alternatives comme celles avancées par Donald Trump, on se moque de savoir ce qui est vrai ou faux.

On pourrait demander une meilleure modération ; l'IA pourrait aussi servir à cela. Mais cela suppose d'imposer une norme, une éthique ou un sens moral qui ne semble pas pouvoir s'apprendre sur la base de nos échanges comme en témoigne les dérapages des IA génératives type « transformer » comme ChatGPT.

Nos relations avec l'IA seront ce que nous en ferons ; l'IA sera comme l'atome, il faudra nous y adapter et peut-être l'encadrer.

■ Propos recueillis par Julie Giorgi

« Comprendre comment ces IA

amplifient nos

biais cognitifs

et apprendre

quelques

stratégies

d'hygiène

intellectuelle

serait déjà un

premier pas. »

**Et ailleurs**

En synergie avec

le monde socio-économique



# En phase avec les besoins des entreprises

La chaire industrielle Science des données et intelligence artificielle lancée par Télécom Physique Strasbourg et le laboratoire ICube en 2020 a rempli ses deux objectifs : former des ingénieurs experts et créer du lien entre le monde de la recherche et les projets innovants des entreprises.



Thomas Lampert, titulaire de la chaire Science des données et intelligence artificielle.

Les six entreprises\* qui ont financé en 2020 pour cinq ans la création de la chaire Science des données et intelligence artificielle (1,05 million d'euros) ne regrettent pas leur investissement. « *Un des mécènes nous confiait qu'il y a six ans, il ne trouvait pas d'ingénieurs compétents sur les thèmes de big data et d'IA. Alors qu'aujourd'hui, lorsqu'il crée un poste sur ces sujets, les candidats sont nombreux. Notre programme de formation*

*répond à un vrai besoin* », affirme Thomas Lampert, le titulaire de la chaire Science des données et intelligence artificielle. Depuis 2020, la chaire a formé chaque année 40 étudiants, donc 120 au total. Environ 30 enseignants interviennent, dont une petite dizaine d'experts du monde industriel ou socio-économique sur des sujets techniques, scientifiques, ou liés à l'entreprise. Les cours abordent les théories de l'IA, les modèles de *machine learning* et ses applications au monde industriel, par exemple comment intégrer un algorithme IA dans un programme industriel et comment communiquer sur ces solutions au sein d'une entreprise (auprès de sa hiérarchie ou de ses collègues). D'ici 2024, un nouvel enseignement pourrait être dispensé sur le thème de la réglementation de l'IA.

Thomas Lampert a également créé une équipe de recherche avec une partie des étudiants de la chaire, dont trois doctorants. Leurs recherches consistent à développer des algorithmes IA pour la télédétection, l'imagerie médicale, etc. Des projets d'ingénierie sont aussi proposés par les entreprises mécènes. Une thèse Conventions industrielles de formation par la

recherche (Cifre) est en cours avec le groupe Socomec sur un sujet lié à la performance énergétique. Un groupe de quatre élèves ingénieurs avait collaboré avec l'entreprise Hager en 2021 sur un sujet similaire. Chaque année, le titulaire de la chaire organise une réunion avec les entreprises mécènes. En 2023, pour la première fois, cette réunion a été collective. « *Les mécènes ne sont pas des entreprises concurrentes, donc elles sont disposées à partager l'information entre elles. Elles ont créé un réseau que je me charge d'animer* », témoigne Thomas Lampert.

## Une reconnaissance internationale pour l'Unistra

Identifié comme expert IA, celui-ci est largement sollicité par les entreprises et les institutions. Il intervient au Conseil de l'Europe et a été sélectionné en 2021 pour l'International Visitor Leadership Programme (IVLP) du Département d'État américain, un programme d'échange professionnel. Avec trois autres experts, il s'est rendu à Washington, Boston et San Francisco pour rencontrer des pionniers de l'IA et de la réglementation de l'IA aux États-Unis. « *C'est une belle reconnaissance pour l'Université de Strasbourg. Cela démontre que nous sommes montés en compétences et connaissances sur le sujet de l'IA* », se félicite Thomas Lampert.

La chaire a également remporté en 2022 un financement du dispositif Soutien aux chaires industrielles de la Région Grand Est (500 000 €). Et du 3 au 7 juillet dernier, à Strasbourg, elle a fait partie du comité d'organisation (composé du groupe de recherche Science des données et connaissances, ICube) de la Plateforme intelligence artificielle (PFIA). Cette manifestation annuelle réunit chercheurs, industriels et étudiants autour de conférences et d'ateliers consacrés à l'IA. Par ailleurs,

l'Unistra a répondu avec l'Université de Lorraine à l'appel à projet IA Cluster de l'Agence nationale de la recherche (80 millions d'euros pendant sept ans). Une activité dense qui laisse présager de la création d'une ou plusieurs nouvelles chaires « internes » ou « externes » lorsque le programme de la chaire actuelle sera terminé, d'ici fin 2024. Des entreprises ont déjà manifesté leur intérêt pour devenir mécènes à leur tour.

■ J. G.

\* Crédit Mutuel Alliance Fédérale et Euro-information, Heppner, Hager Group, le groupe ES, Socomec et 2CRSI.

« Nous sommes montés en compétences et connaissances sur le sujet de l'IA. »

# Regard du Japon

Chercheur en philosophie au Groupe d'études orientales, slaves et néo-helléniques de l'Université de Strasbourg depuis 2014, Akinobu Kuroda retourne régulièrement au Japon. Il nous livre son regard et celui de ses compatriotes sur l'intelligence artificielle.

« Philosophiquement parlant, peut-on parler de la personnalité, du sentiment d'un robot ou d'une IA ? La réponse est partagée », souligne d'emblée Akinobu Kuroda qui précise que du point de vue culturel, les Japonais se familiarisent assez facilement et sont plutôt accueillants vis-à-vis de ce genre d'outils. « Au Japon, les robots sont intégrés dans la vie quotidienne et leur utilisation est plus généralisée qu'en France. On les retrouve ainsi dans les restaurants faisant le service, dans la surveillance des villes, ou encore dans les hôpitaux, pour apporter des médicaments, pour assurer le transport médical, ou divertir les patients. » Une présence développée due à des croyances ancestrales selon lesquelles tout ce qui existe est

en quelque sorte vivant. « Il n'y a pas de distinction catégorique entre le vivant et le non vivant. »

Côté entreprises, « au Japon elles sont très actives dans l'introduction de l'intelligence artificielle.

L'IA est notamment utilisée pour établir des plans, des rapports, faire une première mouture et ainsi accélérer le travail », détaille le chercheur qui précise que des ateliers sont conçus pour apprendre à utiliser ChatGPT dans le milieu professionnel.

Concernant l'enseignement, si en primaire, l'outil informatique, tablettes ou PC portables, est utilisé de manière massive pour l'éducation, Akinobu Kuroda note une certaine inquiétude de la part de certains universitaires. « L'IA marche bien, même trop bien pour les étudiants », sourit le chercheur qui évoque les problèmes de tricheries aux examens à l'aide de cette technologie.

« Au Japon, il n'y a pas de distinction catégorique entre le vivant et le non vivant. »



**Akinobu Kuroda**, chercheur en philosophie au Groupe d'études orientales, slaves et néo-helléniques de l'Université de Strasbourg.

## Des cours pour un bon usage de l'IA

« Cela demande de préparer davantage les cours et de privilégier les travaux communs. Mais aussi de sensibiliser les étudiants. L'Université de Tokyo a ainsi été la première du Japon à proposer des cours spécialement conçus pour un bon usage de l'IA. » L'esprit critique des jeunes générations doit également être entraîné : « pour voir ce qui marche et ce qui ne marche pas et savoir distinguer ce qui émane d'une machine ou de l'être humain. Sur des questions précises par exemple, si l'IA manque de sources fiables la réponse va être approximative. J'ai fait rédiger un texte à ChatGPT sur l'histoire d'un pays peu connu. En tant que texte, il était très bien ordonné mais totalement faux au niveau factuel. »

« J'ai l'impression que l'on considère que l'utilisation de l'IA est inévitable, et qu'il faut accepter ce genre d'outils. Pour ma part, je suis très prudent, je préfère penser par moi-même, il est hors de question de faire penser à ma place », conclut le chercheur.

■ M. R.



# La start-up Weewio contre les incendies

Utiliser l'IA pour prévenir les incendies ? C'est l'idée de Simon Lakhlef, tout juste diplômé de l'Institut national des sciences appliquées (Insa) Strasbourg, associé à Kévin Pétin, diplômé de l'École de management (EM) Strasbourg. Avec Weewio, ils proposent aux entreprises un boîtier connecté et une application d'aide à la gestion du risque incendie, en partenariat avec les pompiers. Ils sont lauréats 2023 du trophée Seve de l'Eurométropole, avec Marion Mougeot, en master Sciences du langage et intelligence artificielle.

C'est en participant à un hackathon, puis au concours entrepreneurial Innovons ensemble d'Alsace Tech\*, que Simon Lakhlef développe son idée fin 2018. « J'y ai rencontré un sapeur-pompier volontaire. On a compris qu'il y avait un vrai besoin, les pompiers n'ont pas d'information sur le bâtiment et sur ce qu'il s'y passe quand ils doivent intervenir pour un incendie », dit-il. Fils d'entrepreneur, il étudiait la mécatronique à l'Insa Strasbourg avec le statut d'étudiant-entrepreneur.

« Nous proposons aux industriels et collectivités un boîtier intelligent et connecté, et une application. Relié à leur système de sécurité incendie, le boîtier

centralise et rend visibles toutes les informations dans l'application, à la fois celles sur le bâtiment (plans, accès, lieux de stockage, équipements sensibles...) et sur l'incendie en temps réel (détecteurs, température...). L'application est fournie gratuitement aux pompiers qui pourront ainsi préparer leur intervention dès l'appel téléphonique, localiser et évaluer l'étendue du feu. Elle aide aussi l'entreprise à détecter les départs de feu et réagir plus vite », explique Simon Lakhlef. Il a collaboré avec les pompiers des SDIS (Service départemental d'incendie et de secours) du Bas-Rhin et de la Moselle pour identifier leurs besoins, car la solution leur est aussi destinée.

Prévenir le risque incendie, permettre une intervention plus rapide et efficace, réduire les dommages humains et matériels est un enjeu de taille pour les sites de production, de stockage, les bâtiments publics, tels que mairies, écoles, églises, etc. Simon s'associe avec Kévin Pétin en 2022 pour créer la start-up Weewio. Ils sont hébergés et accompagnés par Semia, l'incubateur public des entreprises innovantes du Grand Est.

## Outil d'aide à la prévention

Après Help, leur application d'alerte, les jeunes diplômés en développent une deuxième, Vision, outil d'aide à la prévention incendie, basé sur l'IA.

Le duo a fait appel au savoir de Marion Mougeot, en master 2 Sciences du langage à l'Université de Strasbourg, dans le nouveau parcours Sciences des données et IA. « Au cours de mon stage de cinq mois, j'ai développé des algorithmes d'IA pour extraire les données des articles de presse traitant d'incendies, permettant à terme, d'améliorer l'application de prévention Vision », explique-t-elle. « Cet outil, une fois abouti, va nous servir à améliorer la prévention incendie de nos clients, en aidant à identifier les points d'attention pour aider à la décision », ajoute Simon.

Weewio et Marion sont un des huit binômes lauréats du trophée Seve 2023 remis par l'Eurométropole de Strasbourg pour encourager les projets d'ingénierie verte. La start-up recrute son premier salarié, et un premier industriel devrait être équipé d'ici la fin de l'année.

■ S.R.

\* Réseau des 14 grandes écoles d'ingénieurs, architecture, art, design et management d'Alsace.

« Il y avait un vrai besoin, les pompiers n'ont pas d'information sur le bâtiment et sur ce qu'il s'y passe quand ils interviennent pour un incendie. »



Marion Mougeot, Simon Lakhlef et Kévin Pétin ont reçu le trophée Seve 2023 de l'Eurométropole de Strasbourg.

# Un allié pour décupler les potentiels en R&D

Dans un contexte de forte concurrence, l'IA est perçue comme une fantastique opportunité pour améliorer la recherche d'innovation dans l'industrie. C'est à ce besoin que répond la chaire dirigée par Denis Cavallucci, professeur à l'Institut national des sciences appliquées (Insa) Strasbourg: un lieu où sont inventés les futurs outils pour accompagner les équipes de R&D dans leur processus d'innovation, renforcé par l'IA.

« Quand on est face à un problème, on peut réfléchir seul ou en équipe et vite atteindre les limites de ce qu'on sait. L'intelligence artificielle devient alors un allié pour décupler ses potentiels. C'est dans cet objectif que j'ai créé la chaire industrielle en R&D assistée par intelligence artificielle (Artificial Intelligence Augmented R&D - Aiard) à l'Insa en 2020 », relate Denis Cavallucci. La chaire repose sur une équipe d'une dizaine de chercheurs, de thésards et de data scientists dont le but est de créer de nouveaux outils au service de l'invention. « Pour l'heure, aucun outil de la R&D n'est capable d'accompagner efficacement les équipes dans leur activité d'invention. Dans l'industrie, le brainstorming est toujours la norme », abonde le chercheur. La solution développée par les équipes de la chaire est accessible aux entreprises partenaires. Elle connecte la méthodologie

## Strasbourg, championne de la Triz

On compte près de 150 équipes de recherche travaillant sur le sujet dans le monde. Le groupe de chercheurs autour de Denis Cavallucci officie dans l'équipe Conception, système d'information et processus inventifs (CSIP) au sein du laboratoire ICube. Elle est internationalement reconnue dans ce domaine et occupe la deuxième place mondiale en matière de publication scientifique. C'est la raison qui a motivé la venue de Dong-Seob Jang, vice-président de la société Samsung pour une intervention lors de la Triz future conférence organisée en 2018 à l'Insa.



Denis Cavallucci, professeur à l'Institut national des sciences appliquées (Insa) Strasbourg, directeur de la chaire industrielle en R&D assistée par intelligence artificielle.

d'invention Triz pour Théorie de résolution des problèmes inventifs (voir encadré) aux avancées de l'IA, permettant ainsi de révéler de nouveaux champs d'innovation. Depuis sa création, l'intérêt des industriels ne

s'est pas démenti. Aujourd'hui, Adova Group, Baccarat, Chanel, Soprema, ArcelorMittal, Arburg, Sartorius, Fovia et EDF comptent parmi les partenaires et donateurs.

Denis Cavallucci n'est pas issu du domaine de l'intelligence artificielle.

« Mon profil d'ingénieur plasturgiste me permet d'apparaître comme plus pragmatique auprès des industriels pour les questions de problem solving », dit-il. « J'ai consacré ma carrière à travailler sur l'ingénierie de l'innovation. Ma thèse de doctorat portait sur la méthode Triz, une théorie alors peu formelle, que j'ai passé plusieurs décennies à adapter à un contexte informatique », poursuit-il.

## La richesse des bases de données composées de texte n'est plus à démontrer

De longue date, Denis Cavallucci est convaincu que les ressources textuelles constituent une mine d'informations inexploitées. « À l'époque, je faisais

« Nous faisons face à des problèmes de taille : nourrir la planète, soigner le bilan carbone, régler le problème de l'hydrogène, etc. Ne nous passons pas de l'IA pour répondre à ces questions ! »

*figure d'original, personne n'était prêt à parier sur le fait qu'on puisse trouver des relais d'innovation dans les textes », relate-t-il. Aujourd'hui, avec l'avènement de ChatGPT et autres IA génératives reposant sur les large langage model, la richesse des bases de données composées de texte n'est plus à démontrer. « Quand on est face à une question émergente dans un domaine industriel, il y a fort à parier qu'un problème similaire a été résolu dans une autre discipline dont on peut s'inspirer pour trouver la solution », argumente-t-il. C'est sur ce principe que repose l'outil développé par l'équipe de la chaire. « Au niveau planétaire, nous faisons face à des problèmes de taille : nourrir la planète, soigner le bilan carbone, régler le problème de l'hydrogène, etc. Ne nous passons pas de l'IA pour répondre à ces questions ! »*

Denis Cavallucci œuvre depuis des années à former les étudiants de diverses composantes de l'Université de Strasbourg sur ce sujet. La plateforme qu'il a contribué à créer est accessible aux partenaires industriels mais aussi librement dans un objectif d'enseignement. Quant aux

## Triz, une méthode au service de l'invention

La méthode Triz est une Théorie de résolution des problèmes inventifs élaborée par l'ingénieur soviétique Genrich Altshuller. Elle est largement plébiscitée dans l'industrie, notamment chez le géant coréen Samsung qui en a fait le centre de sa stratégie d'innovation. La première année où elle a été testée, la société aurait déposé 50 brevets et réalisé une économie de 100 millions d'euros.

détracteurs qui agitent la menace d'une forme de concurrence entre intelligence artificielle et intelligence humaine, Denis Cavallucci balaie la question d'un revers de main. « Si l'IA nous aide à résoudre certains problèmes, pourquoi nous en passer ? D'autres plus complexes vont arriver, et il faut nous préparer à être encore plus performants », conclut-il.

■ Fanny Cygan



# La plateforme Gaia aide à concrétiser le monde numérique

Gaia est la septième et dernière-née des plateformes du laboratoire ICube. Dédiée à la science des données et à l'intelligence artificielle, elle propose aux chercheurs, institutions et entreprises l'expertise de ses ingénieurs pour les aider dans leurs projets numériques, depuis l'acquisition des données jusqu'à l'immersion en réalité virtuelle...

Sur les 700 membres d'ICube, 150 sont impliqués dans l'IA. Autant faire profiter cette expertise à ceux qui n'y ont pas accès. « Créée en 2021, la plateforme Gaia rassemble les moyens expérimentaux et les compétences des ingénieurs en sciences des données. L'activité est organisée selon les cinq étapes du processus : la numérisation, avec l'acquisition des données par des capteurs, des

caméras ou des scans 3D ; la gestion des données (collecte, contrôle, stockage, partage...) ; le traitement et l'analyse pour extraire l'information à l'aide de statistiques ou algorithmes d'IA ; la modélisation et la simulation, et enfin la visualisation en réalité virtuelle et l'immersion de l'humain dans le numérique... » expose

Vincent Noblet, ingénieur de recherche CNRS à ICube, responsable technique de la plateforme.

« La plateforme est encore toute jeune mais l'expertise de ses ingénieurs ne l'est pas. »

## « Le deep learning associé à l'imagerie est notre spécialité »

La plateforme est encore toute jeune, mais l'expertise de ses ingénieurs ne l'est pas. « Nous avons créé une application de science participative sur smartphone pour numériser en 3D les arbres en ville et en déduire leurs services écosystémiques en vue du changement climatique. Pendant la crise du Covid, pour les Hôpitaux universitaires de Strasbourg, nous avons analysé des images cérébrales de patients en réanimation afin d'explorer l'impact de l'infection au niveau neurologique » illustre-t-il.



Vincent Noblet, ingénieur d'études CNRS au laboratoire ICube, responsable technique de la plateforme Gaia.



Un objet des collections du musée Vodou, numérisé en 3D et visualisable en réalité virtuelle.

Ils ont aussi collaboré avec la start-up Redberry pour améliorer les performances de leur système de détection instantanée et automatisée de micro-organismes, en développant un outil d'analyse automatique des images de fluorescence par intelligence artificielle. « *Le deep learning associé à l'imagerie fonctionne très bien, c'est notre spécialité* » souligne l'ingénieur.

### Jumeau numérique et thérapies fondées sur la compassion

L'équipe a aussi collaboré avec l'IHU Strasbourg, institut de chirurgie guidée par l'image : le traitement des images médicales des patients permet de reconstituer leur anatomie en 3D. « *Ce jumeau numérique sert aux médecins à préparer leur intervention, à simuler le geste opératoire* » précise-t-il.

En collaboration avec les Hôpitaux universitaires de Strasbourg et le Laboratoire de psychologie des cognitions, la réalité virtuelle est utilisée pour des applications en santé mentale, pour lutter contre les addictions aux substances psychoactives (tabac, cannabis, cocaïne) ou pour de nouvelles approches thérapeutiques, comme les Thérapies fondées sur la compassion (TFC).

La collaboration avec la plateforme prend la forme de contrats de prestation gérés par la Société d'accélération du transfert de technologies, Conectus. Elle implique quinze ingénieurs experts d'ICube et a embauché cinq ingénieurs en CDD.

■ S.R.

 [En savoir plus : gaia.icube.unistra.fr](https://gaia.icube.unistra.fr)

# Patrimoine

Une ressource d'hier  
et de demain



# Apprendre dans des mondes virtuels ?

Le Jardin des sciences explore de nouvelles approches pédagogiques à partir des objets de ses collections.

« Pendant la période du Covid, nous nous sommes posé la question de l'utilisation des collections des musées lorsque celles-ci ne sont pas accessibles », se souvient Delphine Issenmann, responsable du

« La numérisation des objets peut s'appuyer sur des outils variés, allant de la photo, jusqu'à la création de mondes virtuels. »

pôle Patrimoine, musées et collections au sein du Jardin des sciences. « Les collections se partagent en deux catégories : d'une part, les objets encore mobilisés pour l'enseignement et la recherche, d'autre part les objets historiques des collections patrimoniales, qui peuvent notamment servir à reconstituer l'histoire des sciences. » Ces réflexions confinées ont permis d'échanger ensuite, au sein d'un groupe de travail du réseau Universeum\*, sur les

façons de développer des approches pédagogiques à partir des objets. « En réponse à un appel à projet Erasmus, nous avons déposé une proposition sur trois ans, Teaching with objects. La numérisation des objets peut s'appuyer sur des outils variés, allant de la photo jusqu'à la création de mondes virtuels. » Et



**Delphine Issenmann**, responsable du pôle Patrimoine, musées et collections au sein du Jardin des sciences.

d'imaginer des scénarios : « On pourrait restituer, par exemple, l'espace originel de la grande lunette de l'observatoire. » Teaching with objects constituera un groupe focus du projet européen Impulse (voir encadré), dont il s'enrichira et auquel il apportera ses connaissances déjà développées dans le domaine.

■ M.N.

\* Universeum est un réseau européen concerné par l'héritage académique, matériel et immatériel. Son objectif est d'étudier, préserver, promouvoir et rendre accessibles les collections des universités, des archives, des bibliothèques, des jardins botaniques, des observatoires... Il comprend des professionnels des musées, des chercheurs, des étudiants et à des personnes impliquées dans l'héritage des universités.

## Impulse, vers un prototype de métavers

Le projet Impulse (Immersive digitisation upcycling cultural heritage towards reviving strategies) réunit un consortium de structures et organismes, dont une dizaine d'universités européennes, coordonné par l'Université Jagellon de Cracovie (Pologne). Impulse répond à une sollicitation de la Commission européenne autour d'une question centrale : comment rendre, par la numérisation, l'héritage culturel européen plus accessible et plus attrayant ? « Il existe de nouvelles possibilités technologiques. De plus, les attentes des nouvelles générations, adeptes des jeux vidéo, ont beaucoup évolué », constate Zaneta Kubic, coordinatrice du projet. L'objectif d'Impulse est de réaliser un prototype de plateforme digitale afin de tester si les métavers sont « les bons endroits pour valoriser les collections. » Ce prototype est destiné à la recherche. Il s'agira d'échanger sur les bonnes pratiques et sur les règlements. Le travail de recherche se fait avec des étudiants et des artistes qui ont une expérience de la création de métavers. « Le développement de mondes virtuels peut nécessiter l'intelligence artificielle. C'est le cas notamment du Museum of other realities (MOR), où de la narration a été ajoutée aux images. » \*

Une foule d'aspects légaux sont également à résoudre. La démarche collaborative se fait-elle à l'échelle européenne ou de chaque pays ? Quel en est le modèle économique ? Faut-il diffuser sur des plateformes publiques ou avec des partenariats privés ? « Tout devra être clarifié avant la mise en ligne, avec des définitions légales précises quant à la diffusion. »

\* museumor.com

# L'humain va continuer à créer

Trois questions à Tom Mays, compositeur, qui enseigne depuis dix ans la création électroacoustique à la Haute école des arts du Rhin (Hear).

La création musicale assistée par des machines, ce n'est pas venu d'un coup...

On génère de la musique avec l'informatique depuis les années 1960, et depuis, on a assisté à une progression des outils, à des évolutions, des affinements... Aujourd'hui, il existe de nouveaux outils, alors que d'autres ont disparu. Je pense à

« Il n'y a pas de

conscience

dans la machine

et on veut encore

toujours de

l'interaction

humaine . »

Audiosculpt de l'Institut de recherche et coordination acoustique/musique (Ircam), un logiciel de visualisation, d'analyse et de transformation des sons... Certaines ressources ont été perdues parce qu'elles ne tournaient plus dans les nouvelles plateformes. D'autres ont réussi à bien s'adapter, comme Max de Cycling74, qui traite le son et l'image, et qui peut générer des structures

musicales au moyen de modèles mathématiques et aléatoires, ou à base d'un réseau de neurones pour le *machine learning*.

Et aujourd'hui, l'intelligence artificielle ?

Les systèmes d'intelligence artificielle comme ChatGPT sont très lourds et tournent sur de très gros ordinateurs. Appliquer ce type de calcul à des processus de composition qui tournent sur les ordinateurs personnels n'est pas du tout évident et pose aussi des questions de coût. Notre milieu musical est encore petit, même embryonnaire. On travaille sur des algorithmes génératifs, qui produisent des sons à la fois aléatoires, structurés et formés. La mélodie peut être inventée sur une base de probabilités en produisant des combinaisons inédites. On compose avec des fonctions produisant du chaos, mais avec des règles de comportement. L'IA est capable aussi d'effectuer l'analyse de la musique en temps réel : en utilisant les descripteurs sonores pour identifier les similarités. Des logiciels



Tom Mays, compositeur, enseignant-chercheur, responsable de la classe de création électroacoustique à l'Académie supérieure de musique de la Hear.

comme Antescofo, par exemple, peuvent assurer un suivi de partition et de la synchronisation musicale. À la Hear, la recherche prend de plus en plus d'importance. Nous avons organisé au début de l'année 2023, un colloque sur les « musiques mixtes », celles qui mettent en relation l'instrument acoustique et la voix avec l'électroacoustique. Les actes vont être publiés dans *Musique en acte*, une revue créée en 2020 par le Groupe de recherches expérimentales sur l'acte musical (Gream)\*.

l'Artiste que vous êtes ne craint-il pas d'être supplanté par des machines ?

Je ne suis pas inquiet. Le *sampling* (échantillonnage), qui se pratique depuis longtemps, n'a pas signifié la fin des interprètes ! Même s'ils sont capables aujourd'hui de générer une nouvelle chanson des Beatles avec un Paul McCartney de 25 ans, les programmes informatiques ne sont pas tout-puissants ! D'ailleurs, si on avait la possibilité de laisser les machines créer toutes seules, cela ne voudrait pas dire qu'on le ferait. Parce que les gens sont intéressés non seulement par l'œuvre mais aussi par les personnes qui l'ont réalisée. Il n'y a pas de conscience dans la machine et on veut encore toujours de l'interaction humaine. La fonction d'accompagnement de l'œuvre joue un rôle important. L'humain a besoin de créer et il va continuer à le faire.

■ Propos recueillis par M. N.

\* La revue *Musique en acte* est soutenue depuis 2021 par l'Institut thématique interdisciplinaire Creaa (Centre de recherche et d'expérimentation sur l'acte artistique) et par l'unité de recherche Accra (Approches contemporaines de la création et de la réflexion artistiques).



# Les machines à calculer, de la mécanique au numérique

Si l'IA impressionne par sa puissance de calcul, les inventeurs et scientifiques ont recherché, dès l'Antiquité, des outils facilitant et augmentant leur capacité de calcul. Ils inventent successivement les bouliers, la machine d'Anticythère, les astrolabes, la pascaline, les règles à calcul, les calculateurs, puis la calculatrice, l'ordinateur, jusqu'au centre de calcul. Parcourons cette histoire avec cinq exemples du patrimoine universitaire strasbourgeois.

On considère la machine d'Anticythère, retrouvée dans l'épave d'une galère romaine au large de la Crète, comme le premier calculateur de l'histoire, vers -100 avant notre ère. Puis, en 1642, la première

« À mesure que l'astronomie progresse et que se développe l'astrométrie, la science qui mesure la position des astres, on voit se multiplier les machines à calculer. »

machine à calculer mécanique, la pascaline, est inventée par Blaise Pascal. Dans les collections universitaires strasbourgeoises, c'est surtout en astronomie et physique qu'on trouve des calculateurs.

## Du XVII<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle : la règle à calcul

En 1614, John Napier crée les logarithmes, une avancée majeure dans le calcul, puisqu'on transforme les opérations complexes de multiplication et division en opérations simples d'addition et de soustraction. Sur ce principe, on invente les règles à calcul au XVII<sup>e</sup> siècle, qu'on utilisera largement jusque dans les années 1970 avant l'avènement des calculatrices.

Il s'agit de règles graduées qu'on coulisse pour effectuer les opérations de multiplication et division, de racines carrées, cubiques et de trigonométrie. L'outil paraît simple, mais il a permis de grandes avancées scientifiques et techniques en

offrant une exécution rapide et précise de calculs complexes. Ces règles figuraient même à bord des missions Apollo dans les années 1960. L'Institut de physique conserve par exemple cette règle à calcul du fabricant allemand Nestler, utilisée au début du XX<sup>e</sup> siècle.



Règle à calcul coulissante.

## Fin XIX<sup>e</sup> siècle : l'instrument pour résoudre l'équation de Kepler

L'instrument en laiton et acier comprend deux règles mobiles graduées de 0 à 120. Fabriqué en Allemagne, il a été acheté en 1875 par l'Observatoire astronomique de Strasbourg. Les astronomes l'utilisaient pour résoudre l'équation de Kepler,



Règle à calcul en laiton et acier pour la résolution de l'équation de Kepler.

qui décrit les orbites elliptiques. Elle permet de déterminer la position d'une planète sur son orbite, de calculer la date pour une position donnée, comme pour déterminer la date des équinoxes.

### Années 1930 : la règle à calcul circulaire de Weber

Ce bel objet en laiton est aussi une règle à calcul, mais circulaire. De fabrication suisse, elle était utilisée par les scientifiques de l'Institut de Physique dans les années 1920-30. Il se compose d'un grand disque gradué en métal et laiton avec deux aiguilles, l'indicatrice et la multiplicatrice. *« Il a sans doute été acquis par le physicien Pierre Weiss, qui dirigeait l'institut à cette époque. Il en louait les propriétés à l'Académie des sciences en 1900 : "Les opérations ont un caractère de simplicité tel qu'elles exigent beaucoup moins d'attention préalable qu'avec la règle ordinaire. (...) On obtient très facilement une précision minima de 1/2000, même dans les opérations compliquées " », indique Delphine Issenmann, responsable du pôle Patrimoine, musées et collections au sein du Jardin des Sciences.*



Règle à calcul circulaire.



### XXI<sup>e</sup> siècle : le centre de calcul (HPC : high performance computing)

À partir des années 1960, on crée des centres de calcul qui mutualisent les ressources, et donc la puissance de calcul. Un premier est créé en 1967 sur le campus de Cronenbourg. En 2020, un autre voit le jour avec la construction du *data center*. Ce centre de calcul régional est accessible gratuitement aux chercheurs strasbourgeois. Il compte 600 serveurs, 150 logiciels, il offre 2,6 Po de stockage (10 puissance 15), 13 600 cœurs de calcul, et peut réaliser 3 600 milliards d'opérations par seconde ! Deux ingénieurs accompagnent si besoin les chercheurs dans l'optimisation de leurs algorithmes, l'installation sur les serveurs, ou tout autre conseil. *« La moitié des serveurs provient de la mutualisation : les chercheurs peuvent héberger chez nous les serveurs qu'ils achètent dans le cadre d'un projet, nous les gérons pour eux, et lorsqu'ils ne les utilisent pas, ces ressources sont à mises à disposition des autres utilisateurs. On décuple ainsi la capacité de calcul »,* souligne David Brusson, ingénieur calcul.

### Années 1950 : les calculateurs mécaniques

*« À mesure que l'astronomie progresse et que se développe l'astrométrie, la science qui mesure la position des astres, on voit se multiplier les machines à calculer dans les collections. Les scientifiques ont besoin de vérifier l'équation personnelle de l'astronome, c'est-à-dire son temps de réaction au moment de l'observation et d'effectuer des calculs correctifs, en plus des autres calculs réalisés »,* explique-t-elle. Ancêtres des ordinateurs, ils ressemblent à des machines à écrire. *« Ils sont dans les réserves mais n'ont pas encore été inventoriés. »*

■ S.R.



---

### Une vraisemblance à l'image de l'IA

Le principe de montage photographique - réalisé sans IA - qui jalonne ce numéro introduit une vraisemblance matérialisée par un décalage de plan spatial et temporel, comme une sorte d'interférence au monde réel.

Les lieux de prises de vues : devant le Faculté de chimie p.1, au coeur du campus de l'Esplanade p.7, p.8 et p.10, proche de l'Institut de biologie moléculaire et cellulaire p.16, dans la continuité de l'Institut le Bel p.22, vue sur le campus de l'Esplanade depuis le parvis de la Faculté de droit p.30, devant le Studium p.33, à l'arrière de l'Institut le Bel p.38, devant la Faculté de droit p.43, entre la Faculté de chimie et le Studium p.46, devant le Portique p.51.

---

# Savoir(s)

Université

de Strasbourg

CS 90032 – 67081 Strasbourg Cedex  
Tél. : +33 (0)3 68 85 00 00  
unistra.fr

**Directeur de la publication :**

Michel Deneken

**Directeur éditorial :** Mathieu Schneider

**Rédacteur en chef :** Frédéric Zinck

**Secrétariat de rédaction :** Julie Giorgi

**Contact de la rédaction :**

Service communication de l'Unistra  
3-5 rue de l'Université  
67000 Strasbourg  
Tél. : +33 (0)3 68 85 12 51

**Comité éditorial :**

Sylvain Diaz, Emmanuelle Gemrich,  
Evelyne Klotz, Alexandra Knaebel,  
Evelyne Klotz, Caroline Laplane,  
Michel de Mathelin, Pierre Mirabelle,  
Alexandre Meny, Angeline Okombi,  
Dominique Schlaefli, Laurent Schmitt,  
Sandrine Schott-Carrière, Irina Simion,  
Sébastien Soubiran.

**Ont participé à ce numéro :**

Edern Appéré, Elsa Collobert, Fanny Cygan,  
Julie Giorgi, Mathilde Hubert, Caroline  
Laplane, Jean de Miscalut, Myriam Niss,  
Marion Riegert, Stéphanie Robert.

**Crédits photos :**

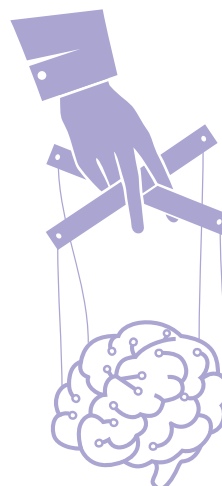
Pascal Bastien : p. 1, 8, 10, 16, 22, 30, 33,  
38, 43, 46, 51.  
Catherine Schröder : p. 5, 9, 11, 13, 14, 17,  
19, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 34, 36, 39, 40,  
42, 44, 45, 47, 48, 50 droite.  
Nations unies : p. 12.  
DR : p. 15, 18, 29, 37, 39.  
Astrid Knipping : p. 32.  
Alban Hefti : p. 41.  
Claude Menninger - Région Grand Est  
- Inventaire général / Université de  
Strasbourg - Jardin des sciences : p. 49,  
50 gauche.

**Conception graphique :** Welcome Byzance

**Impression :** Ott imprimeurs

**ISSN :** 2100 – 1766

 Pour envoyer vos suggestions  
à la rédaction : [savoirs@unistra.fr](mailto:savoirs@unistra.fr)



« Il s'agit de dompter l'IA , pour en faire un atout  
concurrentiel et au bénéfice des citoyens ,  
tout en garantissant un nécessaire équilibre favorable  
à l'innovation . »

Aurélie Klein, avocate, spécialisée en droit des données, maître de conférences associée à l'Unistra