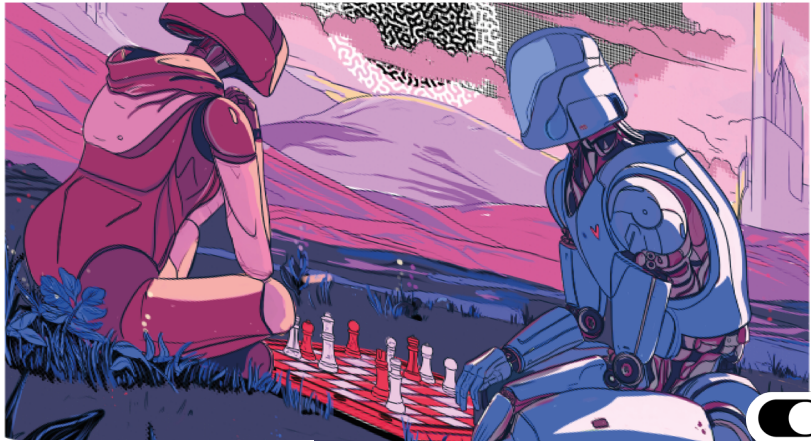




# ▷ JOURNAL D'EXPOSITION

réalité ?

Q L'expo qui casse les codes en Normandie | X



artificiel

**DESTINATION**  
→ **IA**

→ ] **L'ATRIUM | ROUEN**

FÉVRIER 2026  
OCTOBRE 2027



# SOMMAIRE



CONNECTÉS EN NORMANDIE :		L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET MOI	
1) VERS L'INDUSTRIE 4.0 PAGE 4	4) UN GRAND BESOIN DE SECURITE PAGE 15	QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE? PAGE 26	IA ET RESPONSABILITÉS PAGE 38
2) REVOLUTION DANS LA SANTE PAGE 8	5) DES FEMMES INSPIRANTES PAGE 18	IA ET TRAVAIL PAGE 32	IA ET CRÉATION PAGE 42
3) DES PUCES DANS LES CHAMPS PAGE 11	6) GRANDS EQUIPEMENTS NORMANDS PAGE 23	IMPACTS ÉCOLOGIQUES DE L'IA PAGE 36	



## DESTINATION IA

L'expo qui casse les codes en Normandie

Commissariat général Science Action Normandie



### PARTIE 1. CONNECTÉS EN NORMANDIE

#### SCÉNOGRAPHIE-MUSÉOGRAPHIE

- Les Charrons - Charlotte Soubeyrand et Pierre-Yves Guillot
- Olivier Voizeux
- Francis Banguet

#### COMITÉ SCIENTIFIQUE

- Ludivine BIGOT, responsable projet d'innovation en Normandie
- Nawal BOUIN, chargée de projets, Direction de l'Aménagement Numérique, Région Normandie
- Stéphane CANU, professeur des Universités à l'INSA Rouen Normandie, chercheur au LITIS (INSA Rouen Normandie, université de Rouen Normandie, Université Le Havre Normandie) et chargé de mission IA au Ministère chargé de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Espace
- Gaëlle CHAGNY, chercheuse CNRS au LMRS (CNRS, Université de Rouen Normandie)
- Magali CRESSY, co-directrice de Normandie Numérique
- Thierry DE LA RUE, chercheur CNRS au LMRS (CNRS, Université de Rouen Normandie)
- Christophe ROSENBERGER, professeur des universités et directeur du GREYC (CNRS, Ensicaen, Université de Caen Normandie), co-président de Normandie Numérique

CETTE EXPOSITION A ÉTÉ RÉALISÉE PAR SCIENCE ACTION NORMANDIE AVEC LE CONCOURS DES PARTENAIRES :

Abot, l'Agence de Développement Économique en Normandie (ADN) l'Alliance du lin et du chanvre européens, Association régionale des entreprises agroalimentaires de Normandie (AREA), Artery, Atron Metrology, Bodycap,

Caen Normandie Développement, Campus Cyber Normandie, Campus santé Rouen Normandie, Centre d'innovations drones Normandie (CIDN), Centre François Baclesse, Centre Henri Becquerel, Centre hospitalier universitaire de Rouen Normandie, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), CESI (École d'ingénieurs), Chambre d'agriculture de Normandie, Circoé, Centre National de la Recherche Scientifique Paris-Normandie (CNRS), Centre régional informatique et application numériques de Normandie (CRIANN), Cybermalveillance, Delivrone, Direction régionale des affaires culturelles de Normandie (DRAC), Fastpoint, Greenlogix, Insa Rouen Normandie, Institut du numérique responsable (INR), Just AI, La Pâtisserie Numérique, Laboratoire de recherche COMETE (Cognition, Comportement, Handicap - Inserm, Université Caen Normandie), Laboratoire de recherche GREYC (Groupe de recherche en informatique, image et instrumentation - CNRS, Université Caen Normandie, Ensicaen), Laboratoire de recherche ICREJ (Institut Caennais de recherche juridique - Université Caen Normandie), Laboratoire de recherche LITIS (Laboratoire d'informatique, du traitement de l'information et des systèmes - Université Rouen Normandie, Université Le Havre Normandie, Insa Rouen Normandie), Medical Training Center de Rouen (CHU de Rouen Normandie), Métropole Rouen Normandie, MMB-Volume-E, Musée de la tapisserie de Bayeux, Normandie AeroEspace (NAE), NEAC INDUSTRY, Normandie AI, Oskkio, Pochet, Proxinnov, Realnum, Region Lovers, RedLab, Rman Sync, Sanofi, Schneider Electric, Selha Group, Sinay, Sopra Steria, Touwi, Université Caen Normandie, Université Le Havre Normandie, Veolia, Yes We Hack, UniLaSalle (Ecole d'ingénieurs).

Les îlots dédiés aux métiers et à l'orientation ont été conçus par l'Agence de l'orientation et des métiers de Normandie.



Le parcours "Numéville" est une adaptation du jeu de plateau du même nom conçu par l'Institut du Numérique Responsable



Cette exposition a reçu le soutien financier de la Région Normandie



#### MÉCÈNES

Cette exposition a bénéficié du soutien de mécènes que nous souhaitons remercier



#### LE JOURNAL DE L'EXPO

- Rédaction de la partie « Connectés en Normandie » : Olivier Voizeux sous la direction de Science Action Normandie
- Direction artistique et graphisme : Coline Caillier - atelier au milieu des champs
- Illustrations générées par I.A. - Midjourney : Coline Caillier - atelier au milieu des champs

#### SOURCES ET RÉFÉRENCES

- Page 5 <https://www.aveclindustrie.fr/decouvrez-lindustrie/les-secteurs-de-lindustrie/> Page 6 <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-of-4-million-robots-working-in-factories-worldwide> <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-of-4-million-robots-working-in-factories-worldwide> <https://ifr.org/downloads/press2018/>

- FRA-2023-SEP-26\_IFR\_press\_release\_France\_-\_French.pdf [https://ifr.org/downloads/press2018/FRA-2023-SEP-26\\_IFR\\_press\\_release\\_France\\_-\\_French.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/FRA-2023-SEP-26_IFR_press_release_France_-_French.pdf) <https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/leffet-de-lautomatisation-emploi-quot-sait-quot-ignorer> Page 7 <https://bigmedia.bpifrance.fr/nos-dossiers/intelligence-artificielle-et-robotique-les-cles-de-la-reindustrialisation-en-france> Page 14 <https://idele.fr/detail-article/technologies-numeriques-comprendre-et-accompagner-leur-essor-en-elevage-ruminant-dossiers-techniques-de-lelevage-n8> <https://www.agrotic.org/page-ressources/usages-des-robots-en-agriculture-2023/> <https://www.agrotic.org/page-ressources/usages-des-captures-fixes-et-connectes-pour-les-productions-vegetales/> <https://www.agrotic.org/page-ressources/usages-de-lautoguidage-en-agriculture-2/> [https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=220037](https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=220037) [https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=220037](https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=220037) Page 16 - 17 <https://www.cybermalveillance.gouv.fr/tous-nos-contenus/actualites/particuliers-cybermalveillances-2024> <https://www.interieur.gouv.fr/sites/minint/files/medias/documents/2025-07/Rapport-annuel-sur-la-Cybercriminalite%3A9-2025-V2.pdf> <https://www.interieur.gouv.fr/actualites/communiques-de-presse/publication-du-rapport-annuel-relatif-a-cybercriminalite> <https://keepnslabs.com/blog/top-phishing-statistics-and-trends-you-must-know> Page 18 - 19 <https://sti.eduscol.education.fr/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/16834/16834-ada-lovelace-et-le-premier-programme-informatique-ensps.pdf> <https://3wacademy.fr/ecole/actualites/femmes-pionnieres-dans-l-informatique-des-inspirations-pour-l-avenir> <https://theses.fr/2005PA100076> Page 24 - 25 [https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/04/10/douer-par-l-ia-la-demande-d-electricite-pour-les-centres-de-donnees-devrait-plus-que-doubler-d-ici-2030-selon-l-iae\\_6593594\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/04/10/douer-par-l-ia-la-demande-d-electricite-pour-les-centres-de-donnees-devrait-plus-que-doubler-d-ici-2030-selon-l-iae_6593594_3234.html) <https://gpuservercase.com/fr/blog/how-many-servers-are-in-a-data-center/> 450 TWh <https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/09/RF-PIA-1.pdf> <https://www.lexisnexis.com/blogs/fr-juridique/b/droit-des-affaires/posts/cloud-act-et-rpgd-protection-donnees-entreprises-europeennes>

## ÉDITO



**L'intelligence artificielle ne cesse de surprendre. Chaque semaine ou presque, une nouvelle prouesse technologique fait la une, promettant de transformer nos vies, nos métiers, nos façons d'apprendre ou de créer. Mais au-delà du spectaculaire, que se joue-t-il vraiment derrière ces avancées? Quelles réalités se cachent derrière les promesses?**

C'est tout le sens de l'exposition « Destination IA » : une invitation à découvrir, à expérimenter, à questionner. L'exposition place la découverte au cœur de son parcours. Elle propose d'explorer les coulisses de l'IA, d'en saisir les enjeux comme les limites, et de mieux distinguer les réalités des illusions. Car dans un monde saturé d'informations et d'annonces spectaculaires, l'esprit critique est plus que jamais essentiel. À travers la culture scientifique, nous pouvons donner à chacun les moyens de comprendre le monde qui se transforme.

L'IA est un formidable terrain d'exploration, où se croisent la recherche académique, les entreprises, et toutes celles et ceux qui imaginent de nouveaux usages. L'innovation, ici, se nourrit de collaboration et d'intelligence collective. Et la Normandie dans tout cela? Elle a des atouts à faire valoir : des laboratoires de pointe, des formations ambitieuses, un tissu d'entreprises qui ose et expérimente. « Destination IA » montre que notre région a toute sa place dans cette aventure.

STÉPHANE CANU

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS,  
LABORATOIRE LI7IS, INSA ROUEN  
NORMANDIE, CHARGÉ DE MISSION IA  
AU MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
ET DE L'ESPACE



# CONNECTÉS EN NORMANDIE :



## QUELS SONT LES VISAGES DU NUMÉRIQUE DANS NOTRE RÉGION ?

Fière de son passé, et résolument tournée vers l'avenir. Ainsi va la Normandie, terre de châteaux, d'églises mais aussi d'usines high tech et de centrales nucléaires. Dans les pages qui suivent, et en complément de l'exposition « Destination IA, l'expo qui casse les codes en Normandie », partez à la rencontre de celles et ceux qui font le numérique normand.

/IMAGINE > AERIAL STYLIZED NORMANDY BOCAGE LANDSCAPE, HEDGEROWS FORMING AN EXPLICIT ARTIFICIAL NEURAL NETWORK, NODES SHINING LIKE SYNAPSES, ANIMATED DATA PULSES TRAVELLING THROUGH THE FIELDS, FLAT ILLUSTRATION STYLE WITH SOFT TEXTURE GRAIN, HOLOGRAPHIC GRIDS OVERLAYING THE TERRITORY, AUGMENTED-REALITY SYMBOLS FLOATING ABOVE FARMS, MIX OF ORGANIC SHAPES AND GEOMETRIC CIRCUITRY, CLEAR FEELING OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE EMBEDDED IN THE LAND, FUTURISTIC BUT SERENE ATMOSPHERE

# 1) VERS L'INDUSTRIE 4.0

Il y eut d'abord l'Industrie 1.0 née au XVIIIe siècle de la maîtrise de la vapeur. La machine imposa sa puissance en drainant les ouvriers vers un même lieu : l'usine. L'Industrie 2.0 émergea à la fin du XIXe siècle avec les progrès de l'électricité, du moteur à pétrole et des chaînes de montage. Elle vit l'essor de la production de masse et de la standardisation. L'Industrie 3.0 fut la fille, dans les années 1970, de l'automatisation et de l'informatique. En ce milieu des années 2020, nous voici aux portes de la version 4.0.



**CAROLINE WATRIGNON**  
est chargée du développement de  
Proxinnov Normandie



## « RICHE EN INDUSTRIES, MAIS PAS EN ROBOTS : LE PARADOXE DE LA NORMANDIE »

### Quelle place occupe la robotique dans l'industrie en 2026 ?

On ne robotise jamais pour le plaisir, mais toujours pour répondre à des problématiques comme la pénurie de main-d'œuvre. L'industrie souffre encore d'une image à la « Germinal », alors que dans notre showroom de 200 m<sup>2</sup> ou dans notre usine pilote, vous pourriez manger par terre ! Nous avons besoin de redorer cette image auprès des plus jeunes et des personnes en reconversion professionnelle. Se pose aussi la question de la rétention des collaborateurs au sein des entreprises. Si vous leur promettez de mettre des boîtes dans un carton sept heures par jour, où trouveront-ils de la reconnaissance ? Alors que si vous robotisez, la feuille de poste change, ils ont davantage de responsabilités. Bien sûr, un industriel robotise aussi pour améliorer ses capacités de production. Mais en évitant les ports de charge répétitifs, il améliore la qualité de vie au travail.

### A quoi ressemble un robot-type ?

Il n'y a pas de robot-type, et cela pour une bonne raison : rien qu'en France, on compte 29 filières industrielles. Chaque tâche ou chaque métier va avoir « son » robot. Dans l'agroalimentaire, ils seront

munis de bras ; au lieu de souder, ils palettiseront des pots de yaourt. Sur cette même chaîne de production, vous pourrez retrouver aussi ce qu'on appelle des véhicules à guidage automatique, ou AGV, programmés pour aller d'un point A à un point B (voir encadré). Et puis, il y a tout l'essor des « cobots ».

### Qu'est-ce qu'un cobot ?

C'est la contraction en anglais de collaborative robots, c'est-à-dire « robots coopératifs ». N'oubliez pas que si on pose n'importe où un robot dans une chaîne de production, il ne saura rien faire. Il faut l'intégrer pour répondre aux besoins de l'industriel, le rendre intelligent grâce à des logiciels, acheminer jusqu'à lui air ou électricité, etc. Alors il pourra faire ce qu'on lui demande. L'avantage du cobot est sa capacité d'interaction avec l'humain. Il va travailler à côté de l'ouvrier et en parallèle. Par exemple, sur une chaîne, avant de faire une soudure, il peut y avoir de toutes petites pièces à poser à un endroit précis sur le produit final. L'ouvrier s'en charge, puis le cobot derrière lui va les souder. Ils travaillent ensemble et la sécurité est adaptée. En effet, un robot industriel peut vous arracher un membre si vous êtes sur son chemin. Dans l'automobile, ils sont d'ailleurs enfermés dans des espaces sécurisés. Alors qu'un cobot repère votre présence, ralentit son mouvement jusqu'à totalement s'arrêter si nécessaire. Cela change tout.

**Proxinnov est un Centre de ressources technologiques (CRT) et un cluster spécialisé dans l'industrie du futur. Originaire des Pays de la Loire, il a ouvert une antenne normande au Havre en 2024. Pour quelle raison ?**

Notre CRT est un pôle d'innovation labellisé, donc reconnu pour son expertise, regroupant entreprises, chercheurs et institutions, notamment autour de la conception, la fabrication

et le déploiement de robots. Notre siège est basé à la Roche-sur-Yon. Mais depuis quelques années, les industriels normands expriment le besoin de disposer, sur leur territoire, d'une licence professionnelle robotique, car il y a assez peu d'offres de formation. Proxinnov a été identifié pour cela. A cette occasion, nous nous sommes rendus compte que le territoire normand était très attractif. C'est la première région de France en termes d'investissements industriels, avec des opérations au-dessus du milliard d'euros tous les ans et un tissu industriel composé à 80 % de PME-TPE et 20 % de grands groupes et ETI. Paradoxalement, c'est une des régions les moins robotisées. Notre implantation ici avait donc tout son sens.

### Quels sont les secteurs prometteurs ?

Nous avons nos filières de prédilection pour la Normandie. La première concerne l'énergie avec le nucléaire, l'éolien marin, et tous les métiers en sous-traitance qui y sont liés : la métallurgie, la soudure en environnement contraint parce qu'il est radioactif ou qu'il est difficile de s'y mouvoir, etc. Sans oublier tout ce qui est vision, inspection, supervision. Ensuite, tout ce qui est lié à la défense et l'aérospatial. Il y a un gros bassin de logistique inter et intra-entreprise, mais aussi au niveau des ports avec des sujets liés à la mobilité maritime, portuaire, terrestre, ferroviaire. Et puis également les filières stratégiques historiques de la Normandie. L'agroalimentaire, par exemple, qui nécessite des robots capables de travailler dans le froid, en milieu humide, voire en immersion permanente. La pharmacie aussi, avec son environnement de travail de salles blanches stériles.

### Est-ce que IA et robotique sont deux univers qui convergent ?

Oui, mais ce n'est pas encore la norme. On trouve déjà des entreprises qui travaillent

sur des objets connectés pour faire de la maintenance prédictive grâce à l'IA. Pour toutes les autres, on est encore dans une phase d'accoutumance. Les années qui viennent s'annoncent passionnantes !

### L'IA pourrait-elle rivaliser un jour avec les capacités du cerveau humain ?

Il faut sortir de cette compétition entre cerveau humain et ordinateurs. Les deux sont extrêmement différents. Le but de l'informatique n'est pas de rivaliser avec l'humain mais de faciliter la vie des humains. Sur de très nombreuses tâches comme de calculer ou d'indexer des corpus, les logiciels font déjà mieux que les humains. Et alors ? Par contre, comparés à des humains, ils peuvent être très limités. Les IA génératives ne comprennent rien au texte qu'elles génèrent, et du coup, peuvent générer de grosses absurdités. La recherche informatique s'attache précisément à dépasser les limites actuelles. Mais il est difficile d'envisager quelles seront ses limites futures, alors que nous commençons à peine à analyser l'impact et le fonctionnement des logiciels que nous inventons aujourd'hui. Quand on considère les succès de cette science encore jeune, obtenus en moins de cent ans, il est risqué d'énoncer que ceci ou cela ne sera jamais réalisable.

Des IA pourront-elles, par exemple, générer des textes véritablement créatifs alors que les IA génératives actuelles se contentent d'imiter ? À mon avis, bien sûr, d'autres logiciels ont déjà démontré leur créativité. Pour ce qui est d'autres aspects de l'humain comme l'empathie ou la conscience, ce sont des fonctions très humaines qu'un logiciel peut simuler. Aller au-delà de la simulation ? Nous sortons du domaine de la science informatique.

# LES CHIFFRES DE LA ROBOTIQUE



Il y a **4 MILLIONS** de robots industriels en activité dans le monde.



**70 %** du parc est installé en Asie.



Avec presque **7500 ROBOTS**, la France est le troisième plus grand marché de l'Union européenne, après l'Italie et l'Allemagne.

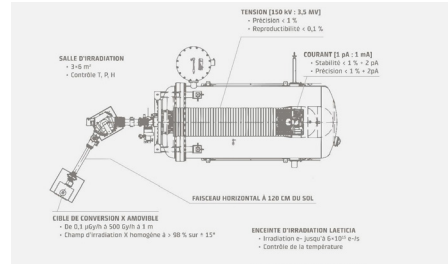


L'industrie française la plus utilisatrice de robots est **L'AUTOMOBILE (22 % DU PARC)**. L'industrie métallurgique la talonne de près.



Les **ROBOTS NE DÉTRUISENT PAS L'EMPLOI** : alors qu'elle est l'une des plus robotisées au monde, l'industrie automobile allemande a créé **100 000 EMPLOIS** entre 1996 et 2016.

## PEPITE NORMANDE



## ATRON METROLOGY | CHERBOURG-EN-COTENTIN

Spécialiste de l'instrumentation dans l'industrie du nucléaire, la société cherbourgeoise Atron Metrology développe un outil d'intelligence artificielle interne pour identifier les pannes les plus couramment constatées sur les instruments de mesure et anticiper les opérations de maintenance curative. Il s'avère précieux pour le diagnostic et le maintien en conditions opérationnelles des installations.

## PEPITE NORMANDE



## FASTPOINT | CHERBOURG-EN-COTENTIN

L'IA embarquée dans le boîtier SecuriSPOT de FastPoint est entraînée à détecter des situations à risque dans des environnements professionnels variés (chantiers, sites industriels, plateformes logistiques, etc.). En cas de danger repéré par la caméra, le système réagit instantanément : il déclenche un gyrophare, une sirène ou projette un pictogramme lumineux au sol. Objectif : éviter l'accident!





X

## TÉLÉMÉDECINE, OPÉRATIONS CHIRURGICALES ASSISTÉES PAR ROBOT, EXPLOITATION DE VASTES BASES DE DONNÉES D'IMAGES MÉDICALES...

Avec le numérique et, plus récemment, avec l'intelligence artificielle, la médecine est en plein bouleversement. Dans le diagnostic comme dans le soin, les médecins gagnent en rapidité et en précision. Au prix d'une vigilance accrue, afin d'éviter l'écueil d'une déshumanisation des soins et d'une dépendance au numérique, les traitements devraient être de plus en plus personnalisés, pour le plus grand bénéfice des patients.

# 2) REVOLUTION DANS LA SANTE

/IMAGINE > FUTURISTIC HOSPITAL ENVIRONMENT BATHED IN SOFT NEON BLUE AND PINK LIGHT, ADVANCED AI HEALTHCARE SCENE, DOCTORS AND NURSES COLLABORATING WITH TRANSPARENT HOLOGRAPHIC INTERFACES, ROBOTIC SURGICAL ARMS ASSISTING DELICATELY, HUMAN PATIENT AT THE CENTER WITH CALM EXPRESSION, DIGITAL NEURAL NETWORK AND FLOWING DATA AROUND THE BODY LIKE GENTLE CONSTELLATIONS, LARGE TRANSPARENT SCREENS SHOWING MEDICAL IMAGES, ATMOSPHERE OF PRECISION AND CARE, NOT DYSTOPIAN, HUMAN HAND TOUCHING ROBOTIC HAND SYMBOLIZING COLLABORATION, HIGH-TECH ARCHITECTURE, CLEAN LUMINOUS SPACE, SENSE OF TRUST, COMPASSION AND INNOVATION



**AURÉLIEN CORROYER-DULMONT**  
est chercheur-ingénieur,  
responsable du pôle intelligence  
artificielle au Centre François  
Baclesse de Caen.



**PIERRE DECAZES**  
est médecin nucléaire au Centre  
Henri Becquerel de Rouen et  
professeur de médecine à  
l'Université de Rouen Normandie.

# « DÈS 2015-2016, L'IA A EU SON "EFFET WAOUH" EN IMAGERIE MÉDICALE. »



## Comment l'IA a-t-elle réussi à percer en médecine ?

**Pierre Decazes :** Avant même l'IA générative, l'imagerie médicale disposait d'outils numériques performants. C'est d'ailleurs parce que la numérisation de nos images était bien développée, avec des normes communes, qu'il a été possible de constituer des bases de centaines de milliers d'examen sur lesquelles l'IA a pu s'entraîner et produire des résultats. Le premier déclic survient en 2012 avec une compétition de classification d'images gagnée par une méthode d'IA utilisant des neurones artificiels. Mais l'effet « waouh » de l'IA, celui que tout le monde a observé lors de la sortie de ChatGPT en 2022, les spécialistes de l'imagerie l'ont eu dès 2015-2016, notamment en radiologie et en médecine nucléaire — celle qui soigne par des rayons.

**Aurélien Corroyer-Dulmont :** Si les années 2010 marquent bien l'arrivée de l'IA sous forme de travaux de recherche, elle est vraiment présente depuis 2021-2022 dans les solutions utilisées tous les jours par les patients. À l'origine, il s'agissait d'outils proposés par des industriels de l'informatique. Désormais, dans tous les nouveaux appareils d'imagerie médicale, des algorithmes d'IA sont intégrés.

## L'IA vous permet-elle de gagner du temps ?

**Pierre Decazes :** Clairement, oui. L'exemple type, c'est quand on traite les patients en radiothérapie externe. Au préalable, on a besoin de contourner les lésions à traiter, mais aussi les organes à protéger des rayons. Contourner consiste à délimiter, sur un écran, les zones concernées, et c'est une tâche très chronophage. Avec une IA déjà entraînée, cela prend quelques secondes, quelques minutes au plus, et la correction est très rapide.

**Aurélien Corroyer-Dulmont :** Le gain de temps se réalise aussi dans la phase d'acquisition des images. Il s'agit de faire en sorte que le patient reste le moins longtemps possible dans la machine. C'est appréciable si on est claustrophobe et qu'on supporte mal l'étroitesse de l'appareil d'IRM, ou bien si la position allongée est rendue douloureuse par des tumeurs au niveau de la colonne vertébrale. De cette manière, on fait passer beaucoup plus de patients dans la machine, 25 par jour contre 18 auparavant, ce qui réduit les délais d'attente

avant l'examen. Le revers de la médaille est que, si l'on diminue le temps d'acquisition par deux, on va avoir plus de « bruit » dans l'image, c'est-à-dire d'information inutile. C'est assez comparable à prendre une photo sans avoir le temps de la mise au point : ce n'est pas net. L'IA intervient alors pour supprimer ce bruit et revenir à une qualité d'image équivalente à celle obtenue avec une acquisition plus longue. Son « secret » est que, comme tous les algorithmes d'apprentissage automatique, elle s'est entraînée sur de multiples images médicales issues d'autres centres à discriminer le bruit et ce qui est un signal d'intérêt, puis enlever l'un et surtout pas l'autre.

## Au-delà de l'imagerie médicale, l'IA est-elle aussi utile dans le soin des malades ?

**Aurélien Corroyer-Dulmont :** Oui. Lorsqu'on planifie un traitement de radiothérapie sur un patient au Centre Baclesse, nous devons faire un contrôle qualité. En clair, il faut s'assurer que la dose de rayons délivrée au patient correspond bien à celle qui est planifiée. Cela paraît élémentaire, mais il est nécessaire d'insérer un détecteur sous la machine. Nous lançons le traitement avec le détecteur à la place du patient pour vérifier si la dose déposée est bien celle escomptée. Inconvénient : cela immobilise la machine, et oblige les malades à patienter. L'outil d'IA que nous avons développé permet, à partir des plans de radiothérapie, de prédire si le contrôle qualité va être conforme ou non conforme, sans l'étape du détecteur. Nous avons testé plusieurs machines de traitement et plusieurs types de localisation tumorale. Les bons résultats m'ont valu le Prix de l'innovation cancer en 2024.

**Pierre Decazes :** Au Centre Henri Becquerel, l'IA est impliquée dans la « radiothérapie interne vectorisée » appliquée aux cancers de la prostate. On administre au patient un atome radioactif thérapeutique — le lutétium 177 — qui est attaché à une « tête chercheuse » biologique, le PSMA. Celle-ci va spécifiquement cibler les cellules prostatiques. Aujourd'hui, on donne une dose radioactive fixe pour chaque patient. Le problème, c'est qu'elle se fixe sur les cellules cancéreuses de façon plus ou moins intense. Elle va aussi se déposer un petit peu sur des organes qui ne devraient pas être touchés, comme les glandes salivaires ou la moelle osseuse. A partir de la dose radioactive déposée à la fois dans les tumeurs et dans les tissus sains, notre logiciel d'IA nommé SimpleDose

peut anticiper l'efficacité du traitement, mais également sa toxicité. Peut-être qu'à terme, il nous permettra de personnaliser le traitement, c'est-à-dire d'adapter la dose radioactive au patient pour détruire au maximum la tumeur tout en minimisant les effets secondaires. Ce traitement PSMA-lutétium a déjà profité à une centaine de patients à Rouen pour le traitement du cancer de la prostate.

## La médecine personnalisée : est-ce un aperçu du futur ?

**Aurélien Corroyer-Dulmont :** Sans aucun doute. À l'heure actuelle, un patient qui a une tumeur cérébrale, un glioblastome par exemple, va recevoir le même traitement qu'un autre atteint de la même pathologie. Or, tous les patients ne répondent pas de la même façon à ce traitement standardisé. L'IA peut être très intéressante pour déterminer les nombreuses caractéristiques d'une tumeur, ce qui peut nous conduire à changer l'approche, ou à mettre tel « boost » de radiothérapie sur telle zone. C'est cela, la personnalisation ! Ainsi, pour l'un des projets de thèse que j'encadre, ma doctorante Noémie Moreau travaille sur la question suivante : peut-on utiliser un algorithme d'IA pour lire dans l'IRM les caractéristiques spécifiques d'une tumeur et prédire si, en administrant tel traitement, celui-ci va être efficace ou non ? Y parvenir permettrait d'orienter beaucoup mieux la prise en charge : on saura que, pour ce patient-là, le protocole standard va très bien marcher. Pour cet autre, il faudra envisager autre chose. Et nous le ferons à partir de données obtenues avant le traitement.

**Pierre Decazes :** Notre conviction, au Centre Becquerel, est qu'on verra l'intelligence artificielle partout, mais dans des proportions variables. Nous avons donc créé un comité stratégique ad hoc pour piloter l'implantation de l'IA. Pour les consultations, on peut imaginer des assistants vocaux qui feront des préconsultations avec les patients. Les comptes-rendus pourront être rédigés automatiquement en fonction de ce qui a été échangé entre le patient et le médecin. L'IA pourra nous aider à mettre des alertes pour des patients dont les bilans biologiques ne sont pas bons. Elle va aussi nous permettre de recruter les patients pour des essais cliniques, en repérant des patients susceptibles d'être inlus.



**LOUIS SIBERT**

est chirurgien urologue et directeur scientifique du MTC (Medical Training Center) de Rouen

« **COMME LES PILOTES D'AVION, NOUS NOUS SOMMES MIS À LA SIMULATION. ET ÇA MARCHE!** »

#### Comment définir le MTC?

C'est le Centre de simulation en santé du Campus Santé de Normandie. Il est géré par le CHU, mais en étroite collaboration avec l'Université de Rouen Normandie. C'est un lieu qui assure des formations initiales universitaires pour les étudiants en santé de premier, deuxième et troisième cycle et, au-delà, pour l'ensemble des professions médicales et paramédicales. Nous assurons aussi des formations continues pour les professionnels diplômés.

#### L'enseignement est donc fondé sur la simulation : de quoi s'agit-il?

Cette méthode pédagogique consiste à mettre les apprenants au contact d'un simulateur. Cela va du tissu synthétique à la réalité virtuelle et l'intelligence artificielle, en passant par d'autres matériels plus traditionnels. L'objectif est d'être le plus réaliste possible pour que les apprenants puissent s'entraîner à un geste technique ou une prise en charge complète, à l'échelle individuelle ou en équipe. Ainsi, on met en application en toute sécurité les connaissances théoriques apprises en cours magistraux. La simulation est développée depuis des dizaines d'années en aéronautique et dans l'aérospatial. Ne sommes-nous pas contents que les pilotes d'avion aient quelques heures d'entraînement avant de s'envoler avec 300 passagers? Eh bien, le milieu médical s'y est mis, d'abord aux urgences, puis chez les anesthésistes, dans les situations un peu à risque, et enfin dans toutes les disciplines.

#### Quel en est l'intérêt?

Diminuer le risque d'erreur médicale. Aux États-Unis, c'est une cause de décès supérieure aux accidents de la route! La sécurité des soins passe aujourd'hui par la répétition des procédures et

l'entraînement. D'autant plus qu'il y a des patients de plus en plus âgés et compliqués, et des procédures comme la chirurgie mini-invasive qui nécessitent de bien maîtriser toutes les étapes de la prise en charge. Par ailleurs, la simulation est devenue incontournable dans les études médicales puisque les étudiants, lorsqu'ils entrent dans le troisième cycle pour être internes, sont évalués lors de l'examen classant national en partie sur la maîtrise des techniques de simulation.

#### Quelle est la particularité de votre centre?

Le MTC de Rouen offre tous les formats de simulation. D'abord la simulation comportementale, c'est-à-dire l'apprentissage des habiletés relationnelles avec les patients et leur famille, et aussi avec son équipe. Également la simulation procédurale où l'on enseigne une procédure qui peut aller du nœud de suture à la prise en charge complète d'un patient à plusieurs. Dans mon domaine, la chirurgie urologique, nous avons des appareils, les laparotrainers. Ce sont des petites boîtes reliées à une webcam : on y introduit des instruments de coelioscopie et on s'entraîne aux gestes de base en chirurgie mini-invasive : déplacer des plots, faire des points de suture... Un peu comme des gammes de pianiste, avec des critères de performance pour passer d'un exercice à un autre. Ensuite, vous avez des simulateurs haute technicité, très réalistes, qui simulent avec beaucoup d'écrans un champ opératoire. On y apprend la chirurgie robotique, en étant plongé dans un abdomen, avec des exercices de suture, de dissection, de coagulation, geste par geste. Lorsque vous avez validé un parcours complet avec le taux de succès adéquat, vous pouvez pratiquement faire des interventions complètes. Pour les infirmières, nous disposons aussi de mannequins très

sophistiqués qui permettent de faire des prises de sang, des ponctions veineuses, des ponctions artérielles, etc.

#### L'apprentissage par la simulation, est-ce que ça marche?

Oui. À grande échelle, cela améliore la gestion des situations de crise, à commencer par les urgences et l'anesthésie-réanimation. Sur un grand nombre de gestes techniques — l'endoscopie urinaire, l'endoscopie digestive —, cela améliore la prise en charge des patients, le travail en équipe, la gestion des facteurs humains. Pour l'aspect purement chirurgical, la vraie bonne question, est : est-ce que répéter ses gammes fait de nous de meilleurs chirurgiens au bloc? Je ne sais pas répondre : parce qu'une fois au bloc opératoire, de nombreux facteurs influent sur notre performance. En revanche, il est établi que l'usage de simulateurs accélère la courbe d'apprentissage. Et c'est extrêmement intéressant. Pourquoi? Parce que c'est précisément pendant l'acquisition de cette courbe d'apprentissage que surviennent, de façon plus fréquente, les complications opératoires.

#### PEPITE NORMANDE

### LABORATOIRE COMÈTE

📍 CAEN

Sous tutelle de l'Inserm et de l'Université de Caen Normandie, le laboratoire Comète utilise l'IA pour mieux comprendre comment nous bougeons et nous pensons. Il développe des outils innovants capables, par exemple, de détecter une baisse de vigilance au volant ou encore d'identifier les tout premiers signes de maladies neurodégénératives simplement en analysant la démarche d'un patient.

#### PEPITE NORMANDE

### BODYCAP

📍 CAEN

Développé par BodyCAP, le capteur eOelsius fait la taille d'une gélule et, une fois avalé, permet de mesurer en continu et avec précision la température corporelle. À usage unique, il s'élimine par les voies naturelles. Utilisée pour la recherche clinique et médicale, mais aussi pour la préparation des athlètes de haut niveau, cette invention s'est déjà vendue à plus de 75 000 exemplaires dans le monde.



# 3) DES PUCES DANS LES CHAMPS

X

**LES AGRICULTEURS NE SONT PAS DES « GEEKS », MÊME S'IL EN EXISTE, CES DERNIERS ONT MÊME UN SURNOM : LES « AGEEKULTEURS » !**

Pour autant, ils ne sont pas du tout réfractaires aux technologies. Ce sont des utilisateurs pragmatiques. À partir du moment où des outils, numériques ou pas, répondent à leurs besoins, ils n'ont aucune difficulté à s'en saisir. Alors que l'agriculture a aujourd'hui de nombreux défis à relever, dans un environnement de plus en plus complexe, le numérique est particulièrement adapté pour gérer cette complexité.

/IMAGINE > ILLUSTRATION POÉTIQUE ET FUTURISTE D'UN VERGER DE POMMIERS EN NORMANDIE, RANGÉES D'ARBRES EN FLEURS SOUS UNE LUMIÈRE DE FIN DE JOURNÉE. UN PAYSAN SE TIENT DANS LE CHAMP, CALME ET CONFIAIT, OBSERVANT PLUSIEURS DRONES AGRICOLES QUI VOLENT AU-DESSUS DES POMMIERS. LES DRONES SONT DES "DRONES SEMEURS", LIBÉRANT DE PETITES GRAINES OU PARTICULES LUMINEUSES QUI TOMBENT DOUCEMENT COMME DU POLLEN. L'IA EST SUGGÉRÉE PAR DES LIGNES HOLOGRAPHIQUES, DES ICÔNES ET DE FINES TRAMES NUMÉRIQUES DANS LE CIEL. STYLE ILLUSTRATION, COULEURS DOUCES VERT, ROSE ET BLEU, PAS PHOTO-RÉALISTE, AMBIANCE POSITIVE, NATURE ET TECHNOLOGIE EN HARMONIE, PAS DYSTOPIQUE.



**RÉMI LAURENT**  
est directeur Innovation Recherche  
et Développement des Chambres  
d'agriculture de Normandie

# « LA ROBOTIQUE A ÉTÉ LE POINT D'ENTRÉE DU NUMÉRIQUE DANS LES EXPLOITATIONS. »



## Quand on pense numérique adapté à l'agriculture, on songe à l'emploi des satellites.

En la matière, l'usage le plus ancien est le guidage des engins. Le GPS a une précision de l'ordre de 50 mètres. Dans votre voiture, il peut être précis à quelques mètres près. Cela suffit pour voyager, mais ça ne permet pas à un agriculteur de piloter ses travaux dans les champs. Le système RTK est venu compléter la précision du GPS et apporte aujourd'hui une précision de l'ordre du centimètre. Plus récemment, l'agriculture a profité d'une démocratisation de l'imagerie satellite, réservée jusque-là à quelques grands acteurs. Grâce à des dispositifs mis en œuvre par Galileo (pour les satellites de géopositionnement) ou Sentinel (pour l'imagerie), l'imagerie satellite permet de cartographier l'exploitation, et surtout de caractériser la biomasse qui la recouvre, afin d'en tirer des informations précises sur la croissance des végétaux, leurs besoins en engrais ou en traitements phytosanitaires.

## Quels sont les autres outils numériques de l'agriculteur ?

Avant même les satellites, la robotique a été véritablement le point d'entrée du numérique dans les exploitations. Historiquement, cela a d'abord concerné l'élevage, avec les robots de traite ou de distribution de l'alimentation. Une quasi-totalité d'éleveurs sont désormais équipés d'une de ces machines. Plus récemment, la percée des robots dans les champs, pour le désherbage ou le travail du sol, est sans doute moins foudroyante. La raison est sans doute le prix encore important de ces outils, mais aussi les contraintes réglementaires. Même s'il existe des tracteurs entièrement automatisés, ils n'ont pas le droit de se lancer sur la route sans assistance humaine. Ensuite, les capteurs se sont multipliés sur l'exploitation : les plus classiques et les plus anciens enregistrent la météo. Plus récemment, on va retrouver des capteurs d'ambiance dans les bâtiments d'élevage. Ils peuvent même être positionnés directement sur les animaux, en renseignant sur les chaleurs ou un vêlage précoce. Comme les capteurs produisent des données, on a vu apparaître des outils d'aide à la décision, les OAD, qui exploitent les données pour rendre service à l'agriculteur.

## L'intelligence artificielle sera-t-elle l'occasion d'aller plus loin ?

Sans aucun doute. L'IA apporte une nouvelle dynamique à l'innovation numérique en agriculture, car elle va permettre véritablement de gérer cette complexité, et d'apporter une information plus qualitative et plus prédictive [lire l'interview de Jérôme Dantan ci-contre et aussi Une alliée face aux défis environnementaux page 13]. L'IA a déjà fait son entrée dans le bureau de l'agriculteur, notamment avec les robots conversationnels, qui permettent un accès à l'information facile et synthétique. Reste à travailler sur l'émergence de chatbots de qualité professionnelle, où l'information produite par l'IA est dépourvue d'erreurs.

## Est-ce que la propriété des données agricoles est un enjeu ?

Personne n'est juridiquement propriétaire de la donnée produite par un capteur ou un tracteur connecté. La propriété intellectuelle commence à partir du moment où cette data est consolidée dans une base de données. Comme les fournisseurs de solutions construisent ce genre d'outil, ils sont de fait propriétaires des bases de données. Est-ce un souci pour l'agriculteur ? En général, non. Il n'est pas spécialiste des données et en récupérer un paquet ne lui apportera rien. Dès lors, on rentre dans des logiques collectives et contractuelles. Collectives car il s'agit d'amener des organismes ou des organisations syndicales à discuter avec les offreurs de solutions pour que l'équité, notamment le droit d'usage en retour et la gestion du consentement à l'usage des données, soit respectée. Contractuelles car l'agriculteur peut dire à un offreur de solution : « Moi, je vous commande votre outil à la condition que je puisse récupérer et utiliser les données que vous collectez sur mon exploitation. »

## Donc il n'y a pas de tension entre agriculteurs et professionnels de la donnée ?

Pas vraiment. La difficulté est plutôt que, d'un côté, si on demande à un agriculteur ce que peut lui apporter le numérique il n'aura pas forcément une réponse de but en blanc, et de l'autre, les numériciens ne connaissent pas toujours bien le métier d'agriculteur. On voit bien que les start-ups qui fonctionnent le mieux sont cofondées par un agriculteur et un informaticien. Elles offrent des solutions vraiment utiles et innovantes. Une partie de notre activité consiste à favoriser l'échange entre ces deux mondes pour qu'ils se parlent et se comprennent.

## LEXIQUE

▷ Le **GPS** est un système de positionnement par satellites appartenant au gouvernement fédéral des États-Unis. **GALILEO** est son équivalent dans l'Union européenne.

▷ Les **TRAITEMENTS SANITAIRES** désignent les différents produits chimiques pulvérisés sur les cultures afin de les protéger contre les maladies et les parasites, et leur apporter les nutriments nécessaires (engrais, etc.).

# LIN NORMAND : L'IA BRANCHÉE SUR LA FIBRE

Avec 115 000 tonnes de fibres longues de lin produites en 2024, le trio France-Belgique-Pays-Bas domine le marché mondial. A elle seule, la région Normandie assure près de 50 % de la production planétaire. Jusqu'ici, la qualité se jugeait à l'œil nu et au toucher, selon un savoir-faire transmis d'artisan à artisan. Le boom du marché du lin, attirant l'arrivée d'industriels non spécialistes, exige désormais des standards objectifs et reproductibles. Le programme « Masters of FLAX FIBRE™ Description » veut y contribuer. Ce portique high-tech, dopé aux algorithmes d'IA entraînés sur un grand nombre de lots, scannera en continu les fibres longues dès la sortie du **teillage**. Quatre critères seront passés au crible : la longueur, la propreté, la couleur et l'épaisseur des faisceaux de fibres. Une fiche descriptive détaillée sera produite automatiquement, indiquant pour chaque lot traité la qualité au regard des critères mentionnés. Porté par une équipe pluridisciplinaire coordonnée par **l'Alliance pour le Lin et le Chanvre Européens**, avec la collaboration d'Arvalis, Institut du végétal et Hiphen, société spécialisée dans le développement d'outils d'analyse d'images pour l'agriculture, **ce système innovant facilitera la communication entre les différents acteurs de la chaîne de valeur**, du teilleur au filateur. Il est financé par la Région Normandie et le fonds européen Feader.

## LEXIQUE

▷ Le **TEILLAGE** désigne la phase où la fibre textile, au cœur du lin, est séparée du bois qui l'enveloppe.



## AVEC TWIN FARMS, L'AGRICULTEUR DISPOSERA D'UN SIMULATEUR DE SON EXPLOITATION

### JÉROME DANTAN

est enseignant-chercheur en informatique, responsable de l'équipe numérique et management et du Master of Science Agricultural and food data management à UniLaSalle campus de Rouen.

#### Comment l'apprentissage automatique par IA est-il utile aux agriculteurs ?

Pour l'heure, les applications concrètes concernent surtout l'analyse d'images prises par des satellites ou des drones. Iabé ou non avec des prélèvements de sol, cela permet d'avoir des indices sur l'état du sol et sa composition chimique. Les indications sont nombreuses : identifier le meilleur moment pour le semis, aider à la gestion de la fertilisation des cultures, prédire la date de récolte pour faciliter l'organisation du travail, détecter l'apparition des tout premiers symptômes d'une maladie pour traiter plus tôt et peut-être plus facilement avec des doses réduites de produits ou utiliser des molécules moins dangereuses comme le biocontrôle, etc. Le rôle de l'IA est de résoudre l'équation de l'agriculture moderne : produire autant ou mieux (rentabilité) tout en consommant le moins de ressources possibles (durabilité). La difficulté reste qu'il faut beaucoup de données pour entraîner ces systèmes car, contrairement à un processus industriel répétable, le sol ou la météo changent constamment.

#### Un grand enjeu actuel est de préserver la santé biologique des sols. L'IA peut-elle aider ?

Il y a une très grande biodiversité dans le sol puisqu'il abrite plus du quart de la biodiversité de notre planète. Pour préserver la qualité biologique des sols, nous avons besoin de mesurer la quantité et la diversité des êtres vivants qu'ils abritent. Ces organismes, qui vont du lombrico à la bactérie, sont les vrais ingénieurs du sol. De telles analyses sont coûteuses. Notre intention, à UniLaSalle, est donc de créer un modèle d'IA. Comment ? Sur les mêmes sols, on procédera à la fois à une



analyse biologique et à une analyse par spectromètre infrarouge — un appareil qui mesure la quantité de rayons infrarouges réfléchis par le sol et ses habitants. Puis nous apprendrons à l'IA à établir un lien entre les spectres infrarouges et la qualité biologique. À terme, il suffirait de passer le sol au spectromètre pour en connaître l'état de santé biologique. Nous n'en sommes encore qu'à l'exploration.

#### L'analyse des images par l'IA semble donc particulièrement féconde.

En effet. Avec une approche comparable, nous travaillons sur le stress hydrique des plantes provoqué par le changement climatique. On utilise une serre d'expérimentation à Rouen, NormandSerre, dont la construction a été financée par la région Normandie, des fonds européens et le département de Seine-Maritime, pour détecter précocement les signes de stress avant qu'ils ne soient visibles. Cette serre est l'un des éléments d'une plateforme labellisée au niveau national (plateforme Agrobiotech — labellisée IBISA). On stresse les plantes à différents niveaux, on les photographie quotidiennement dans 300 bandes de fréquences différentes. Les algorithmes d'apprentissage machine apprennent à associer des pixels à un niveau de stress. Le centre de calcul d'UniLaSalle offre les stations de travail nécessaires pour traiter ces quantités gigantesques de données. Dans le cadre d'un autre projet nommé RegenHY, nous allons aussi utiliser les images satellites pour trouver des liens entre la biodiversité et les mesures faites par satellites.

#### Un autre projet vise à faire exister un « jumeau numérique » de l'exploitation agricole. De quoi s'agit-il ?

Ce projet majeur, nommé Twin Farms, vise à mettre à disposition de l'agriculteur une réplique virtuelle dynamique de son exploitation, élaborée à partir de ses données actuelles et passées, qui lui permet de se projeter dans l'avenir. Le jumeau permettra notamment de répondre à cette question qui taraude tous ceux qui font profession de cultiver des plantes : quelles cultures et, surtout, quel itinéraire technique dois-je mettre en place l'année prochaine pour optimiser biodiversité, santé du sol, bilan carbone, performance économique et résilience face aux aléas climatiques ? C'est un projet qui vient de démarrer. Un peu de patience, nous ne tirerons un bilan que dans quatre ans...

CHIFFRES DU NUMÉRIQUE EN AGRICULTURE



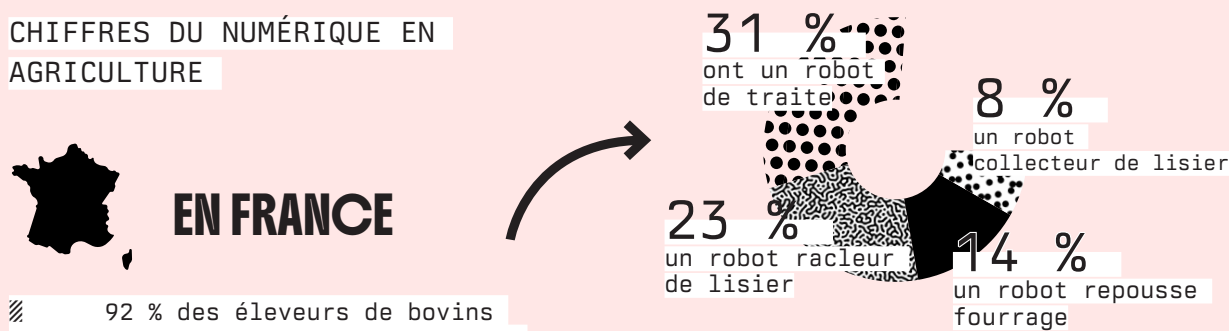
EN FRANCE

92 % des éleveurs de bovins laitiers sont équipés d'au moins un outil numérique de type capteur, robot, automatisme, etc. En moyenne, on compte **6,6 DISPOSITIFS** par exploitation.

En 2023, environ **600 ROBOTS** étaient utilisés dans le secteur de LA PRODUCTION VÉGÉTALE, dont **280 POUR LE DÉSHÉBAGE** et le travail du sol.

En 2025, environ **30 000 SONDES CONNECTÉES** servent au suivi des besoins en eau, dans le sol ou sur la plante.

En 2023, **80 % DES TRACTEURS** de plus de 150 ch sont équipés d'un système d'autoguidage leur permettant de se diriger seuls.



EN NORMANDIE

En 2024, en Normandie, le nombre d'élevages utilisant des robots pour traire leurs vaches a dépassé LE SEUIL DU MILLIER. Il y a 6100 élevages laitiers.

En Normandie, près de **2500 AGRICULTEURS UTILISENT L'APPLICATION WEB MES PARCELLES** et plus de **11.000 ÉLEVEURS BOVINS** utilisent les applications web et smartphone **PILOT'ÉLEVAGE** pour piloter leur exploitation.

PEPITE NORMANDE

**OSKKIO**  
ROUEN

Dans le petit ours en peluche d'Oskkio se cache une caméra intelligente dédiée au bien-être et à la sécurité des chevaux. À l'écurie ou au pâturage, elle surveille la présence de l'animal et d'éventuelles intrusions humaines. Grâce à son IA, elle sait aussi détecter un niveau inhabituel d'agitation du cheval. Le propriétaire est alors immédiatement alerté sur son téléphone.

PEPITE NORMANDE

**FERME EXPÉRIMENTALE DE LA BLANCHE MAISON**  
ST-AUBIN-LÈS-ELBEUF

À Pont-Hébert, la ferme expérimentale de la Blanche Maison teste des pratiques innovantes en matière d'élevage laitier. Les technologies numériques y sont éprouvées dans une salle de traite automatisée à deux rangées de dix postes. L'équipe travaille aussi sur un prototype de tableau de bord connecté où tous les indicateurs de l'exploitation sont rassemblés au même endroit.

# 4) UN GRAND BESOIN DE SECURITE



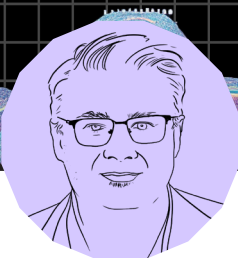
X

EN S'ÉQUIPANT D'OUTILS NUMÉRIQUES, HÔPITAUX, ENTREPRISES, ADMINISTRATIONS ET BIEN SÛR CITOYENS ONT GAGNÉ EN EFFICACITÉ... MAIS LES PIRATES INFORMATIQUES AUSSI.

Avec l'intelligence artificielle, les attaques, tout en continuant à augmenter, s'avèrent toujours plus crédibles et sophistiquées. Que faire? Travailler à des parades. Et réguler.

IMAGINE > FUTURISTIC ILLUSTRATION ABOUT HACKING AND CYBERSECURITY, HUMAN FIGURE IN FRONT OF A LUMINOUS DIGITAL INTERFACE, STREAMS OF CODE AND DATA FLOWING LIKE WAVES, LOCKS AND NETWORK NODES GLOWING SOFTLY, CONTRAST BETWEEN LIGHT AND SHADOW SYMBOLIZING PROTECTION AND VULNERABILITY, ABSTRACT DIGITAL ARCHITECTURE IN THE BACKGROUND, CALM BUT TENSE ATMOSPHERE, ETHICAL HACKING AND DIGITAL VIGILANCE THEME, NOT CRIMINAL OR VIOLENT, CLEAN FUTURISTIC AESTHETIC, EDITORIAL ILLUSTRATION STYLE

# « AUJOURD'HUI, LE PIRATE INFORMATIQUE, C'EST POTENTIELLEMENT... TOUT LE MONDE! »



**CHRISTOPHE ROSENBERGER**  
est informaticien, directeur du Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation (GREVI) à Caen.

### La cybersécurité est-elle une nécessité vitale aujourd'hui?

Oui, aussi vitale que la protection de votre maison contre des intrusions extérieures. Nos sociétés ont basculé dans une ère numérique, ce qui est en soi une évolution très positive. Chaque jour, nous utilisons des services numériques pour créer, manipuler et partager des données : nous discutons par téléphone, travaillons sur des documents en ligne, organisons des réunions à distance... Mais cette dépendance croissante à la technologie implique des enjeux majeurs de protection. L'un des principaux concerne la confidentialité : veiller à ce que des tiers non autorisés n'aient pas accès à nos données. Cela concerne nos échanges téléphoniques, nos courriels, nos déclarations d'impôts, et bien d'autres informations personnelles. Parallèlement, il y a la question de l'authentification, c'est-à-dire s'assurer que la personne qui nous contacte ou qui envoie un courrier électronique est bien celle qu'elle prétend être. Par exemple,

les attaques de type hameçonnage (phishing en anglais) se multiplient : elles consistent à vous faire croire, par courriel, SMS ou même QRcode, que vous avez un colis à récupérer ou un problème urgent à résoudre, en vous demandant de fournir des informations personnelles ou bancaires. Autre enjeu important : celui de l'authenticité. À l'heure actuelle, il est possible de falsifier des documents, comme des cartes d'identité ou des tickets de remboursement, grâce à l'intelligence artificielle. Ces fausses données peuvent servir à frauder ou usurper une identité. Enfin, il y a également la disponibilité des services numériques. L'un des objectifs des cyberattaques est souvent de perturber ces services, qu'il s'agisse de décrédibiliser une entreprise ou d'obtenir une rançon. À l'ère du numérique, ces attaques peuvent être extrêmement préjudiciables. Pour autant, la cybersécurité ne promettra jamais une protection absolue, ce serait illusoire. Il s'agit avant tout de ralentir les intrusions et d'en limiter les impacts. Le véritable enjeu, ce n'est pas de savoir si vous serez attaqué, mais quand... et quel en sera l'impact pour vous.

### Qui sont les attaquants?

Aujourd'hui, c'est potentiellement... tout le monde! Les états, bien sûr, disposent de moyens considérables, notamment lorsqu'ils ont accès à des infrastructures

numériques critiques. On trouve aussi des groupes criminels organisés ou des hackers isolés, parfois très jeunes — des pirates de 16 ans sont parfois arrêtés. Il peut également s'agir d'attaques internes, comme un collègue qui consulte vos courriels sans autorisation ou se fait passer pour vous. L'un des problèmes majeurs avec les cyberattaques est qu'elles peuvent être menées à distance. Contrairement à la délinquance dans la « vraie vie », où il y a souvent une certaine proximité entre l'agresseur et sa victime, une attaque numérique peut être lancée par un inconnu à des milliers de kilomètres.

### Quelles sont les armes de la cybersécurité?

En matière de défense, les solutions sont nombreuses et adaptées aux différents enjeux. Pour la confidentialité, on utilise la cryptographie, qui rend les données illisibles pour toute personne n'ayant pas la clé de déchiffrement. Par exemple, un VPN (réseau privé virtuel) permet de sécuriser vos communications sur un réseau public. Pour l'authentification, on peut recourir à la biométrie, c'est-à-dire à des caractéristiques morphologiques (empreintes digitales, reconnaissance faciale) ou comportementales (analyse de la voix, manière de taper au clavier, etc.). Par exemple, au Japon, certains distributeurs utilisent

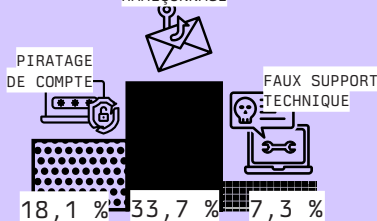
depuis 2005 l'analyse des veines de la main pour identifier les utilisateurs. Pour l'authenticité, des signatures numériques, émises par des autorités de certification, attestent que les documents électroniques ne sont pas falsifiés. Pour garantir la disponibilité, des systèmes de détection des attaques de type intrusions ou de dénis de service sont déployés pour réagir rapidement en cas de problème.

### L'essor de l'intelligence artificielle change-t-il la donne dans ce secteur?

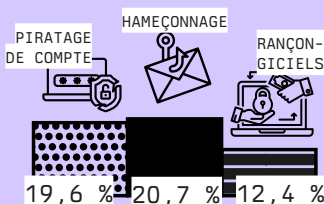
Les IA génératives permettent de créer des contenus variés : textes, images, vidéos, etc. Comme toute innovation, elles peuvent être utilisées à la fois pour renforcer la sécurité et pour mener des attaques. Côté « obscur », elles peuvent produire des contenus d'apparence authentique pour tromper les victimes, comme des courriels d'hameçonnage (phishing) parfaitement rédigés ou des vidéos d'hypertrucage (deepfake). Ces dernières peuvent être utilisées pour usurper l'identité d'une personne, par exemple en simulant son visage ou sa voix, ce qui est particulièrement préoccupant lorsque l'authentification est biométrique. Côté « clair », l'IA est heureusement une alliée précieuse. Désormais, j'estime que 8 à 9 solutions de cybersécurité sur 10 sont fondées sur elle.

INTERVIEW

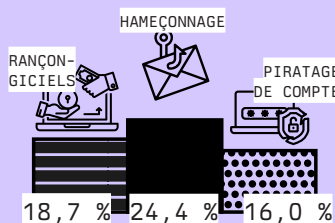
HAMEÇONNAGE



PARTICULIERS



ENTREPRISES



COLLECTIVITÉ

## QUELQUES CHIFFRES SUR LA CYBERDÉLINQUANCE

Le top 3 de la cyberdélinquance en France (établi sur la base des demandes d'assistance sur la plateforme gouvernementale\*)

Quelle que soit la catégorie de victimes (particuliers, entreprises, collectivités), l'hameçonnage est le risque numéro un.

51 formes de cybercriminalité sont répertoriées par la plateforme [Cybermalveillance.gouv.fr](https://www.cybermalveillance.gouv.fr).

En 2024, 348 000 atteintes numériques ont été enregistrées. 65 % étaient des atteintes aux biens, 30 % aux personnes.

\* <https://www.cybermalveillance.gouv.fr>



## PEPITE NORMANDE

### GREYC

CAEN

À Caen, le laboratoire GREYC décrypte les hypertrucages (deepfake en anglais). Les outils d'IA actuels permettent de remplacer facilement, dans une vidéo, un visage par celui de quelqu'un d'autre. Les chercheurs développent des solutions pour repérer dans l'image modifiée, les infimes traces laissées par le trucage. Le GREYC est sous triple tutelle CNRS, Université de Caen Normandie et ENSICAEN.

## PEPITE NORMANDE

### CAMPUS NORMANDIE CYBER

Le Campus Normandie Cyber fédère entreprises, établissements d'enseignement supérieurs et acteurs publics autour d'un même objectif : protéger la vie économique contre la cybercriminalité sous toutes ses formes. Il vise aussi à susciter des vocations pour les métiers du cyber et à stimuler l'offre de services. Si une entreprise subit un incident, ou pense être victime d'un incident, elle peut appeler le : 0 808 800 001 (numéro gratuit).



En France, 15 000 policiers et gendarmes spécialisés luttent contre la cybercriminalité.

En 2025, 3,4 milliards de courriels frauduleux, destinés à hameçonner des victimes, ont été envoyés chaque jour dans le monde. Cela représente 1,2 % de l'ensemble des courriels.



## « LE NUMÉRIQUE N'A JAMAIS ÉTÉ UN FAR WEST DANS NOTRE PAYS. »

THIBAUT DOUVILLE est responsable du Master Droit du numérique, à l'Université de Caen Normandie.

### En France, le numérique a-t-il été un « Far West » à un moment donné ?

Jusqu'aux années 1990, les technologies numériques, notamment l'internet, ont effectivement été associées à une philosophie libérale, voire libertarienne. La Déclaration d'indépendance du cyberspace de John Perry Barlow en 1996 en est l'illustration emblématique : en substance, disait-elle, le cyberspace est à nous, merci aux États de rester à l'écart. Pourtant, cette vision s'est vite heurtée à la réalité. Dès 1978, la France adopte la loi Informatique et Libertés, non pas pour encadrer l'internet (qui n'existait pas encore), mais pour protéger les libertés individuelles face à la puissance croissante des systèmes de traitement des données. Cette loi visait à prévenir les risques liés à la collecte massive d'informations par l'État ou les entreprises.

### La France a-t-elle été pionnière en matière de droit du numérique ?

Absolument, elle a servi de modèle à d'autres États. Nous étions le troisième pays au monde à adopter une telle législation, après le Land allemand de Hesse (1970) et la Suède (1973). Dans les années 1980, la prise de conscience s'étend à l'échelle internationale. En 1981, la Convention 108 du Conseil de l'Europe devient le premier instrument juridique international de protection des données. Autre étape essentielle : en 1988, la France adopte une loi contre la cybercriminalité, sanctionnant les intrusions dans les systèmes informatiques. Ces textes vous montrent que le numérique n'a jamais été un « Far West » en France : l'État a très tôt cherché à encadrer son développement.

### Depuis les années 2010, on observe une intensification des textes encadrant le numérique. Pour quelle raison ?

Plusieurs facteurs expliquent cette floraison législative. Il y a bien sûr l'explosion des usages numériques : avec les réseaux sociaux, le big data et l'essor des plateformes, les risques pour les droits fondamentaux se sont multipliés. Autre contrainte à prendre en compte : la lutte contre les positions dominantes. Face à des géants comme

Google ou Meta, l'Union européenne cherche à rééquilibrer le marché et à protéger les utilisateurs — ce fut le sens du règlement RGPD. Et bien sûr la nécessité d'harmoniser les règles dans une Union élargie à vingt-sept États membres, l'objectif étant de créer un marché unique numérique tout en garantissant un niveau élevé de protection.

### Quels nouveaux défis sont arrivés avec l'IA générative ?

Songez d'abord à la propriété intellectuelle : les données utilisées pour entraîner les modèles d'IA sont souvent aspirées sur le web, sans que l'on sache si elles sont protégées par des droits d'auteur ou contiennent des données personnelles. Cet emploi massif pose des soucis de fiabilité et de transparence : les productions des IA génératives peuvent être biaisées, inexactes, voire dangereuses, favorisant notamment la désinformation. Depuis 2024, le règlement européen sur l'IA, dit AI Act, tente d'y répondre, mais les garde-fous restent limités (voir Enjeux éthiques de l'IA page 38). J'ajouterais un impact difficile à évaluer mais incontestable sur les professions juridiques. Les jeunes juristes sont particulièrement exposés, car certaines tâches de recherches ou de rédaction qui leur étaient confiées jusqu'alors pour qu'ils se fassent la main pourraient être automatisées. Cependant, cela ouvre aussi de nouvelles opportunités pour les experts en droit du numérique et de l'IA.

### Comment adapter la formation des juristes à ces enjeux ?

À l'Université de Caen, nous avons créé un master en Droit du numérique, avec un parcours dédié à l'IA. Les étudiants y apprennent à analyser les risques liés aux systèmes d'IA, à garantir la conformité des outils numériques et à comprendre les normes techniques qui prolongent les règles juridiques. Nous introduisons aussi des modules d'initiation à l'IA dès la licence en droit. Au lieu de préserver mes étudiants de ces outils, je leur demande au contraire de comparer leurs propres raisonnements juridiques avec ceux produits par ChatGPT. Cela leur permet de développer un esprit critique et de mesurer l'apport mais aussi les lacunes de ces technologies.

### Ces formations répondent-elles à un besoin du marché ?

Sans aucun doute. Les diplômés trouvent facilement du travail, notamment dans les secteurs de la conformité, de la cybersécurité ou du droit des données. Les besoins en experts seront croissants, car les entreprises et les institutions devront intégrer l'IA de manière éthique et légale.

INTERVIEW

/IMAGINE > EDITORIAL ILLUSTRATION PORTRAIT OF ADA  
BYRON, COUNTESS OF LOVELACE, THREE-QUARTER VIEW,  
CALM AND INTELLIGENT EXPRESSION, VICTORIAN HAIRSTYLE  
AND CLOTHING SIMPLIFIED INTO CLEAN GRAPHIC SHAPES.  
NEUTRAL BACKGROUND WITH SUBTLE TEXTURE, LIMITED  
COLOR PALETTE (IVORY, INK BLUE, MUTED GOLD).  
DISCREET MATHEMATICAL FORMULAS AND ALGORITHMIC  
DIAGRAMS INTEGRATED AS GRAPHIC ELEMENTS, FINE LINES  
AND MINIMAL SYMBOLS, BALANCE BETWEEN HISTORICAL  
ELEGANCE AND MODERN ABSTRACTION. SOPHISTICATED,  
INTELLECTUAL AND TIMELESS MOOD, MUSEUM EXHIBITION  
CATALOGUE STYLE, HIGH LEGIBILITY, NO FANTASY, NO  
SCI-FI EFFECTS

**EN FRANCE, LES FEMMES REPRÉSENTENT  
À PEINE UN QUART DES EMPLOIS DANS LE  
NUMÉRIQUE. DANS LES POSTES LES PLUS  
TECHNIQUES COMME LE DÉVELOPPEMENT OU  
LES INFRASTRUCTURES RÉSEAUX, C'EST PIRE  
ENCORE (PAS PLUS DE 3 %).**

Plus souvent diplômées de l'enseignement supérieur que leurs homologues masculins, elles sont détournées du secteur par la pression sociale. Mais aucune fatalité dans cette situation : c'est le message qu'adressent les professionnelles du numérique en Normandie interviewées pour l'exposition.

# 5) DES FEMMES INSPIRANTES



# LES PROGRAMMEURS ONT D'ABORD ÉTÉ DES PROGRAMMEUSES.

En général, ce sont les métiers masculins qui se féminisent. Mais l'informatique nous offre une exception : la conception des programmes. Le « père » de cette discipline est en réalité une « mère », **Ada Byron**, comtesse de Lovelace. Dans les années 1840, cette aristocrate britannique, formée aux mathématiques grâce à l'intelligence d'une mère elle-même matheuse, collabore avec le savant Charles Babbage sur un projet de machine à calculer. L'engin ne verra jamais le jour, mais Ada Lovelace en perçoit tout le potentiel, bien au-delà du calcul. Sous forme de notes discrètes, à peine signées, elle élabore la première forme de programme.

A partir de 1944, quand le premier ordinateur moderne, l'ENIAC, est mis en chantier aux Etats-Unis pour calculer des trajectoires de missiles, c'est un groupe de femmes, les « **ENIAC Girls** », qui est chargé d'en élaborer le programme. Un défi épineux dont elles se sortent brillamment. Pourtant, lorsque le New York Times consacre un article à l'ENIAC en 1946, aucune n'est citée — une invisibilisation par les hommes connue sous le nom d' « **effet Mathilda** ».

Quant aux missions Apollo vers la Lune, leur réussite doit beaucoup à **Margaret Hamilton**. Le logiciel embarqué dont elle rédigea le code évita même au tandem Armstrong-Aldrin de finir en bouillie lors de l'alunissage d'Apollo 11 en juillet 1969!

La figure du programmeur était alors celle d'un scientifique du tertiaire ; les femmes pouvaient s'y reconnaître. Avec l'avènement du micro-ordinateur, tout change : dans les représentations, le programmeur devient un bidouilleur, passionné, qui dort avec sa machine. Pour réussir, il se doit d'être geek, hacker ou gamer — trois figures dans lesquelles les garçons peuvent se projeter tout en déniaut aux filles la possibilité de le faire.

Cinquante ans plus tard, ces stéréotypes de genre continuent à freiner l'accès des femmes aux métiers de l'informatique.



## ⇒ CHLOÉ MASSE

*ELLE EST...*  
cofondatrice de **Casseuses de codes**, un collectif qui met en lumière les femmes dans la tech et agit pour plus d'égalité dans le numérique.

*ELLE S'EST FORMÉE...*  
aux lettres et à la gestion, avant de passer quatre ans à cogérer l'entreprise familiale de chocolaterie. Puis elle a décidé d'apprendre à coder, et ça a été une révélation. Aujourd'hui, elle est ingénieure de développement.

*ELLE AIME DIRE QUE...*  
on peut changer de voie, même tard, et que l'informatique n'est pas une affaire de genre. Rester curieuse, se former, se soutenir entre femmes : c'est comme ça qu'on casse les codes.



## ⇒ LUCILE DERLY

*ELLE EST...*  
présidente et cofondatrice de la start-up **Arterya**, à l'origine de la solution **Blood'Up** de détection instantanée des artères. Un vrai besoin de terrain: chaque jour, près de 30 % des ponctions dans l'artère échouent.

*ELLE S'EST FORMÉE...*  
au marketing et comme ingénieure. Après une année de recherche et développement, elle a remporté le premier prix d'Altern'Up, point de départ d'une aventure entrepreneuriale passionnante. Depuis, l'entreprise a remporté plus de quinze concours.

*ELLE AIME DIRE QUE...*  
femme ou pas, il faut oser, se lancer sans se freiner. Bien souvent, les seules limites sont celles que l'on s'impose.



## ⇒ ESTELLE PAWLOWSKI

*ELLE EST...*  
enseignante-chercheuse à l'**École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen (ENSICAEN)** et membre du laboratoire **GREYC**

*ELLE S'EST FORMÉE...*  
aux mathématiques jusqu'au doctorat. Aujourd'hui elle s'intéresse à la protection de la vie privée dans ses différents aspects : techniques, informatiques, mais aussi historiques et réglementaires.

*ELLE AIME DIRE QUE...*  
les femmes ne sont pas assez nombreuses dans son domaine, la cybersécurité. Et c'est dommage : très masculin, le monde de la recherche en informatique souffre de stéréotypes de genre.

## ⇒ CLAIRE ROBINSON



### ELLE EST...

cofondatrice de **Region Lovers**, une entreprise havraise qui transforme la donnée touristique en information exploitable par l'IA afin de créer des assistants de voyage intelligents et des guides interactifs.

### ELLE S'EST FORMÉE...

comme ingénieure à l'international avant de revenir en Normandie. Son projet, elle l'a lancé seule, avant d'être rejointe par son frère.

### ELLE AIME DIRE QUE...

quelle que soit la voie choisie, l'importance de rester curieuse, ouverte d'esprit mais avec un esprit critique. Cela permet de s'adapter rapidement, de s'épanouir et de se réinventer.

## ⇒ ANDRÉA SANTOS



### ELLE EST...

**professeure des universités** et première femme à diriger l'ISEL, une école publique d'ingénieurs au Havre qui forme les futurs cadres de la logistique.

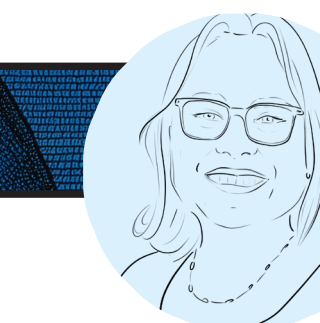
### ELLE S'EST FORMÉE...

comme informaticienne à l'international, avant de se tourner vers la recherche scientifique. Son parcours l'a conduite dans plusieurs écoles d'ingénieurs française.

### ELLE AIME DIRE QUE...

il faut oser rêver et avancer, avec sincérité et détermination. Femme issue de la diversité culturelle, elle a surmonté les obstacles. Si j'ai réussi, affirme-t-elle, vous le pouvez aussi.

## ⇒ SARAH BLONDEL



### ELLE EST...

chef de projet Data chez **REDLab**. Elle accompagne les clients dans la réflexion, la planification et la mise en œuvre de leurs projets orientés Data et IA.

### ELLE S'EST FORMÉE...

avec éclectisme comme développeuse d'applications et de sites web, responsable informatique, consultante en *business intelligence*. Bien qu'elle ne développe plus activement, elle n'a jamais quitté le domaine de la donnée.

### ELLE AIME DIRE QUE...

rien n'est écrit d'avance, il faut rester curieux, comprendre les enjeux du monde qui nous entoure et surtout se rappeler que la data, en définitive, est avant tout une question d'humain.



## ⇒ KHADY BA

### ELLE EST...

la fondatrice de **Dijanov**, une entreprise de services numériques sur mesure, et cofondatrice de l'association **Les Fées Marseillaises** qui oriente les jeunes filles vers les métiers du numérique grâce à des ateliers et un jeu pédagogique.

### ELLE S'EST FORMÉE...

comme ingénieure études et développement. Puis s'est lancée dans l'entrepreneuriat. Objectif : rendre le numérique accessible, utile et porteur d'opportunités pour toutes et tous.

### ELLE AIME DIRE QUE...

chaque obstacle peut devenir une force en transformant les difficultés en moteurs d'action. Avec de la volonté et de la confiance, tout devient possible.



## ⇒ LINA FATIMA SOUALMIA

### ELLE EST...

**professeure en Informatique** à l'Université de Rouen et développe des systèmes de prédiction intelligents à destination des cliniciens, pour des parcours de soins personnalisés par exemple.

### ELLE S'EST FORMÉE...

comme ingénieure en informatique avant de se réorienter vers la recherche appliquée au CHU de Rouen.

### ELLE AIME DIRE QUE...

malgré les environnements hostiles, elle a toujours à cœur d'encourager les jeunes filles vers les sciences. C'est d'autant plus vrai dans le domaine de la tech et de l'IA où il nous faut déconstruire les *a priori*.



## ⇒ CAROLINE PETITJEAN

### ELLE EST...

**professeure à l'Université** de Rouen et travaille sur le développement d'outils d'intelligence artificielle qui aident les médecins à mieux analyser les images médicales, comme les IRM ou les scanners.

### ELLE S'EST FORMÉE...

comme ingénieure jusqu'au doctorat. Elle a ensuite travaillé en entreprise avant de rejoindre l'université.

### ELLE AIME DIRE QUE...

faire de la recherche scientifique contribue à élargir les connaissances. Et chacune peut y trouver sa place, en apportant ses idées et son regard.



# 6) GRANDS EQUIPEMENTS NORMANDS

X

**EN MATIÈRE DE NUMÉRIQUE, LA PERFORMANCE EST SOUVENT AFFAIRE DE PUISSANCE DE CALCUL ET DE VOLUMES DE DONNÉES.**

Et de ce point de vue, la Normandie a ses fleurons. Zoom sur trois dispositifs ambitieux : le CRIANN, (centre de calcul intensif destiné en priorité aux chercheurs académiques); l'entrepôt de données de santé du CHU de Rouen; et les datacentres éco-responsables de l'hébergeur Webaxys.

/IMAGINE > ILLUSTRATION POÉTIQUE ET FUTURISTE D'UN VERGER DE POMMIERS EN NORMANDIE, RANGÉES D'ARBRES EN FLEURS SOUS UNE LUMIÈRE DE FIN DE JOURNÉE. UN PAYSAN SE TIENS DANS LE CHAMP, CALME ET CONFIANT, OBSERVANT PLUSIEURS DRONES AGRICOLES QUI VOLENT AU-DESSUS DES POMMIERS. LES DRONES SONT DES "DRONES SEMEURS", LIBÉRANT DE PETITES GRAINES OU PARTICULES LUMINEUSES QUI TOMBENT DOUCEMENT COMME DU POLLEN. L'IA EST SUGGÉRÉE PAR DES LIGNES HOLOGRAPHIQUES, DES ICÔNES ET DE FINES TRAMES NUMÉRIQUES DANS LE CIEL. STYLE ILLUSTRATION, COULEURS DOUCES VERT, ROSE ET BLEU, PAS PHOTO-RÉALISTE, AMBIANCE POSITIVE, NATURE ET TECHNOLOGIE EN HARMONIE, PAS DYSTOPIQUE.



## « NOUS N'AVONS PAS ATTENDU CHATGPT POUR NOUS OUVRIR À L'IA. »

**MARIE-SOPHIE CABOT**  
est spécialiste en modélisation numérique. Elle a été responsable du service de calcul du Centre régional informatique et d'applications numériques de Normandie (CRIANN) jusqu'en 2025.

### Qu'est-ce qu'un centre de calcul intensif ?

C'est un lieu équipé d'un supercalculateur. Par ce mot, on désigne une grosse machine — le nôtre, nommé Austral, a le volume d'un conteneur — dont la puissance de calcul est très élevée. Fondamentalement, un processeur d'ordinateur comme celui de votre portable réalise chaque seconde un certain nombre d'opérations mathématiques de base comme des multiplications ou des divisions. Notre supercalculateur est 50.000 fois plus puissant : sa puissance se mesure en pétaflops — un pétaflop représente un million de milliards d'opérations de base par seconde. Une telle puissance n'est possible que grâce à des processeurs adaptés (ils ont de nombreux « cœurs », 23 808 pour l'ensemble du supercalculateur) qui peuvent échanger entre eux avec peu de décalage temporel. Cette « faible latence », comme nous disons, permet à ces milliers de cœurs de se comporter comme une unique machine.

### A quoi et à qui sert un supercalculateur ?

Essentiellement à résoudre de gros systèmes d'équations qui simulent le comportement du monde physique : par exemple, celui des fluides comme les liquides ou les gaz. C'est un peu comme si on pouvait décomposer la matière en petits volumes élémentaires (une goutte de liquide, une particule de gaz), et que l'on puisse étudier le comportement de chacun. Au Havre, nous travaillons avec le Laboratoire Ondes et Milieux Complexes (LOMC), qui est spécialisé dans les énergies marines. Nous collaborons aussi avec le CORIA, qui étudie les écoulements

complexes dans les réactions chimiques, que ce soit dans le domaine des fusées ou de l'automobile. Dans la santé aussi, nous épaulons le Centre de Recherche sur le Médicament de Normandie (ORMN) à Caen, qui modélise les interactions entre protéines et principes actifs des médicaments. Environ 80 % de nos utilisateurs sont des chercheurs académiques, et 20 % proviennent d'entreprises privées. Le supercalculateur fonctionne nuit et jour, et chaque année nous allouons un nombre d'heures de calculs aux utilisateurs. Le ticket d'entrée, c'est 100.000 heures minimum — ce qui équivaut au fonctionnement de 1000 cœurs pendant 100 heures. Mais certains en disposent de 5 à 6 millions.

### En quoi le CRIANN est-il normand ?

La gestion des supercalculateurs à l'échelle du territoire est largement régionalisée. Notre supercalculateur est à Saint-Romain-de-Colbosc, et il est exploité par une équipe sur le campus du Madrillet, à Saint-Étienne-du-Rouvray. Nous bénéficions avant tout à la communauté des laboratoires au sein des établissements de Normandie Université : Rouen, Caen, Le Havre, Cherbourg, Alençon. Nous sommes très bien soutenus par la région Normandie pour notre fonctionnement. Les investissements se font généralement dans le cadre des contrats de plan État-région, sans compter notre participation parfois à des projets européens ou nationaux. Le CRIANN a été créé en 1991-1992 et depuis cette époque, il offre à la région la compétence et l'autonomie en matière de calcul intensif.

### Le CRIANN est-il utilisable pour les recherches sur l'intelligence artificielle ?

Tout à fait, et nous n'avons pas attendu ChatGPT pour cela. Il faut savoir que les algorithmes d'IA nécessitent une catégorie spécifique de processeurs taillés pour le calcul, les GPU (pour Graphic Processing Unit) — à distinguer des CPU qui servent à l'informatique classique. En 2012, nous avons reçu les premiers GPU, mais c'est lors du renouvellement de 2017 — un supercalculateur est renouvelé tous les six ans environ — que nous avons vraiment fait un saut, pour répondre aux besoins en termes d'apprentissage automatique ou de traitement d'images médicales. Désormais, nous nous retrouvons même avec plus de puissance en GPU qu'en CPU, avec pour partie des GPU de dernière génération... et cela est très apprécié des chercheurs en IA !

# DATA CENTRES (PRESQUE) 100% NORMANDS!

## AVEC WEBAXYS, DES DONNEES SOBRES ET SOUVERAINES

Dans un secteur, le stockage des données, où les investissements semblent surtout guidés par la recherche de profit, Webaxys trace une voie différente depuis la création de son premier datacentre éco-responsable en 2010. L'entreprise normande en déploie aujourd'hui quatre — trois en Normandie (Rouen, Le Havre, Caen) et un dans la Creuse, à La Souterraine —, tous interconnectés pour offrir de la proximité. Stocker ses données là où on peut les voir et les suivre, comme on sait où se trouvent ses bureaux ou sa banque : cette transparence rassure et facilite le contact humain. L'implantation dans l'Hexagone garantit également une souveraineté. Soumises au droit français et européen, les données bénéficient du cadre réglementaire le plus exigeant en matière de protection — le RGPD — et échappent aux aléas de législations étrangères comme le Cloud Act étatsunien. Aucun transfert de données de santé à caractère personnel n'est effectué vers un pays tiers à l'espace économique européen. Alors que les datacentres sont pointés du doigt pour leur gloutonnerie en électricité (presque 3 % de la consommation mondiale, avec un doublement prévu d'ici 2030), Webaxys a fait de l'efficacité énergétique un combat de tous les instants. L'entreprise intègre la sobriété énergétique dès sa conception. Le climat normand permet d'utiliser l'air extérieur pour refroidir les sites 96 % du temps. Les bâtiments existants sont transformés, par des entrepreneurs français, plutôt que construits pour réduire l'empreinte carbone des chantiers. 80 % des équipements sont conçus et assemblés en Europe. Les baies de couleur blanche qui accueillent les serveurs réduisent l'absorption de chaleur, et l'air chauffé par les ordinateurs sert ensuite au chauffage des locaux. En 2016, le datacentre de Saint-Romain-de-Colbosc, développé en partenariat avec Eaton et Nissan, est devenu le premier en Europe à produire une partie de son électricité grâce à des panneaux photovoltaïques et à la stocker dans des batteries de véhicules électriques de seconde vie. L'énergie provient de fournisseurs d'énergie verte certifiée. Et le système de climatisation a été développé et amélioré en interne. Multirécompensé, l'hébergeur normand dessine ainsi les contours d'un numérique qui n'oublie ni les territoires qui l'accueillent, ni la planète qui le supporte.





**JULIEN GROSJEAN**  
est ingénieur de recherche en informatique, responsable de l'entrepôt de données de santé du CHU de Rouen.

## « L'ENTREPÔT DE DONNÉES RÉPOND AUX BESOINS DE 90 % DES SERVICES DU CHU. »

**Qu'est-ce qu'un entrepôt de données de santé et pourquoi est-ce important ?**

Ce sont des outils encore jeunes, conceptualisés aux États-Unis à la fin des années 2000. En France, c'est arrivé en

2009-2010, avec le CHU de Rennes comme précurseur. Quant à leur importance... Prenons un exemple : vous allez aux urgences. Vous serez pris en charge par des infirmiers et des médecins qui entreront vos informations dans un premier logiciel spécialisé. Un autre logiciel gèrera le parcours administratif. Si on vous prescrit une analyse de sang, les résultats — glycémie, par exemple — seront insérés dans une base de données spécifique au laboratoire. Si vous devez passer un scanner, les observations du radiologue et les images seront stockées dans une autre base distincte. Au bloc opératoire, encore un autre logiciel. En hospitalisation, les données entreront dans le dossier patient informatisé, le cœur du système qui remplace le dossier papier. Bilan : vos données sont éparpillées dans plusieurs logiciels, pas formatées de la même façon et qui évoluent au fil du temps. Pour exploiter toutes ces données collectées pendant des dizaines d'années de façon transversale et centrée autour du patient, l'entrepôt de données de santé, géré par des équipes pluridisciplinaires est une solution.

**Que dire de l'entrepôt de données du CHU de Rouen ?**

Il est entré en opération en octobre 2020. Les données d'environ 2 millions de patients, venus au moins une fois en 20 ans, y sont stockées. Le plus intéressant est la quantité de documents textuels comme les comptes-rendus, les analyses de sang ou d'urine, tout ce qui est tapé ou dicté par des humains, en général des médecins. Aujourd'hui, cela représente 26 millions de documents. Cela tient dans une demi-armoire de serveurs, il ne faut donc pas se laisser abuser par le mot « entrepôt », le matériel ne fait pas la plus-value.

**Comment constitue-t-on un entrepôt de données ?**

Il n'existe pas de solution vraiment clé en main. Il faut d'abord identifier les données qui nous intéressent et dans quelles bases elles sont éparpillées. Ensuite vient une partie de rétro-ingénierie : fouiller dans les bases les éléments qui nous intéressent pour extraire les données et les charger. Pas simple car les éditeurs de logiciels ne sont pas toujours partageurs... Une fois qu'on a tout rassemblé au même endroit, il nous faut des outils pour retrouver les éléments intéressants. Tout ce travail est réalisé avec des programmes issus du génie logiciel classique. L'IA peut nous être utile ponctuellement pour exploiter les textes en langage naturel, là où l'on dénicherait 80 % de l'information clinique pertinente. Là encore, ce n'est pas une mince affaire : c'est du langage médical avec beaucoup d'abréviations et chaque médecin a sa façon d'écrire...

**Ensuite, quel usage en faites-vous ?**

La plupart du temps, on fait de la recherche observationnelle rétrospective : on essaie de comprendre comment les patients ont été pris en charge et ce qui leur est arrivé. Par exemple, nos psychiatres voulaient faire un état des lieux du syndrome de Münchhausen. L'idée était : combien de patients ont été diagnostiqués au CHU ? Combien de temps a-t-il fallu pour diagnostiquer ? Quel type de profil avaient-ils ? On peut avoir aussi de plus gros projets. Une étude va essayer de mieux comprendre le caractère prématuré des naissances. On va regarder tout ce qui s'est passé pendant les suivis, dans les jours précédant l'accouchement, pour essayer de trouver des corrélations. Nous faisons aussi beaucoup de prévention

secondaire. Exemple emblématique : la filière fractures, qui identifie des patients, souvent des patientes d'ailleurs, qui auraient une ostéoporose mais n'auraient pas été diagnostiquées. L'ostéoporose expose à un risque de fracture spontanée. Nous avons conçu un algorithme qui nous permet, tous les mois, de retrouver des fractures typiques à partir des comptes-rendus. Ces dossiers sont soumis à des médecins qui vont les relire et, s'ils le jugent nécessaire, contacter les patients pour leur proposer un bilan. Un hôpital de jour a été créé et nous voyons tous les mois une trentaine ou quarantaine de patients qui viennent pour un diagnostic. S'ils sont effectivement atteints d'ostéoporose, on leur propose une thérapie.

**Le système produit-il lui-même des résultats de recherche ?**

Non, ce serait présomptueux. D'abord parce qu'il n'est pas capable de présager de la méthodologie d'une étude. Ensuite, les données médicales sont de pauvre qualité. Ce n'est pas une critique, c'est simplement qu'elles sont colligées dans le cadre du soin, pas pour la recherche. L'exhaustivité et la précision ne sont pas toujours bonnes. La valeur réside dans le nombre des données et dans leur croisement. Les porteurs de projet viennent donc chez nous, ils nous exposent leur projet, on les guide dans la méthodologie — notamment sur les biais possibles, on crée les requêtes ensemble. Aujourd'hui, nous répondons aux besoins de 90 % des services du CHU. Pour sa thèse, une interne m'a dit qu'elle aurait gagné trois semaines en passant par nous. Pour une étude, un chirurgien pensait avoir établi une liste exhaustive de patients : on a pu en trouver 15 % de plus.

### LEXIQUE

▷ Un **DATACENTRE**, ou **CENTRE DE DONNÉES** (datacenter en anglais), assure le stockage, le traitement et la sécurisation des données indispensables au fonctionnement des entreprises, des services publics et des usages quotidiens. Historiquement, ils forment l'épine dorsale du cloud et, depuis quelques années, de l'intelligence artificielle. Le nombre d'ordinateurs spécialisés qu'ils hébergent, les serveurs, s'échelonne de quelques centaines à plusieurs millions pour les datacenters géants (hyperscalers

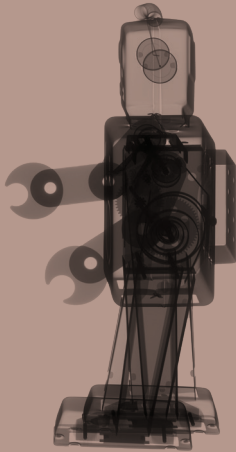
en anglais). L'eau et l'électricité qu'ils consomment, en particulier pour se refroidir, ne cesse de croître : entre 2005 et 2024, la consommation électrique annuelle liée à l'utilisation des centres de données dans le monde est passée de 120 TWh à 420 TWh, soit presque l'équivalent de la consommation électrique française en 2024.

▷ **LE CLOUD ACT** est une loi fédérale de 2018 qui permet aux autorités américaines d'accéder à des données informatiques situées en dehors des États-Unis si l'entité qui héberge ces données a un lien avec les États-Unis.

▷ La **RÉTRO-INGÉNIERIE** consiste à analyser un produit en le désassemblant afin de découvrir comment il fonctionne.

▷ Le **SYNDROME DE MÜNCHHAUSEN** consiste à prétendre avoir des symptômes physiques ou psychologiques de maladie sans raison apparente.

## IA : DOUBLE JE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET MOI



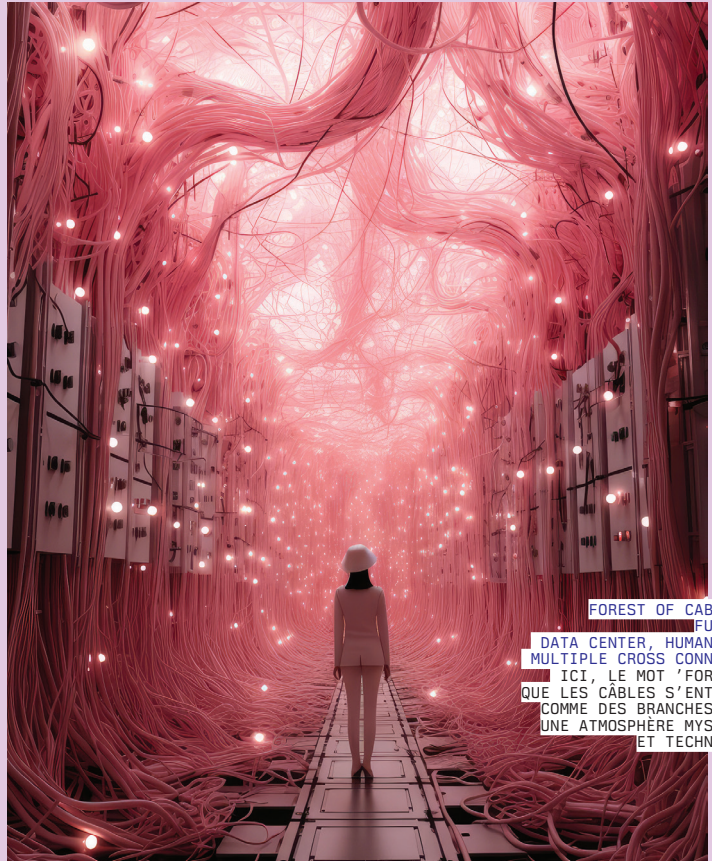
« Intelligence artificielle » (IA) est le drôle de nom donné, dans les années 1950, à une science nouvelle, au croisement de l'informatique, des mathématiques, de l'économie et des sciences cognitives. Dans les années 2020, l'IA connaît une nouvelle évolution. L'arrivée dans le grand public d'algorithmes génératifs d'images, comme Midjourney, et de textes, comme ChatGPT, marque un tournant dans l'histoire des technologies d'information et de communication. Jamais une innovation ne s'était diffusée aussi rapidement — quelques jours — à l'échelle mondiale ! Faut-il s'en réjouir ? Faut-il s'en inquiéter ? Le Quai des Savoirs, en coproduction avec Universcience et des partenaires scientifiques, ont réalisé une exposition pour mieux comprendre et questionner l'IA dans les sciences, mais aussi dans le monde du travail, dans ses relations à l'environnement, dans la création artistique et dans notre société.

//// LAURENT CHICOINEAU

X

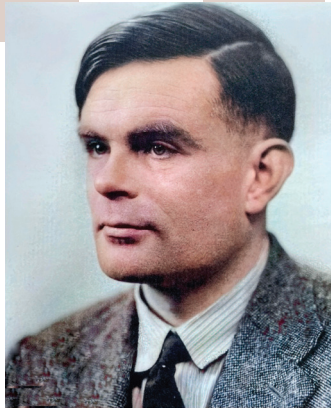
Karin Crona, artiste visuelle suédoise, vit et travaille à Paris. Elle a illustré les entrées de chapitres de ce journal avec l'aide de Midjourney, générateur d'images par intelligence artificielle. Une partie des prompts légende les images, accompagnées des commentaires de l'artiste. Son travail interroge les biais de l'IA et ses dérives.

# QU'EST-CE QUE L'IA ?



FOREST OF CABLES IN A  
FUTURISTIC  
DATA CENTER, HUMAN MATTER,  
MULTIPLE CROSS CONNECTIONS :  
ICI, LE MOT 'FORÊT' FAIT  
QUE LES CÂBLES S'ENTRELAÇENT  
COMME DES BRANCHES, CRÉANT  
UNE ATMOSPHÈRE MYSTÉRIEUSE  
ET TECHNOLOGIQUE

Définie par le Parlement européen comme tout outil utilisé par une machine afin de « reproduire des comportements humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité », l'Intelligence Artificielle, ou IA, est un domaine scientifique qui mobilise des connaissances multidisciplinaires : l'électronique, l'informatique, les mathématiques et même les sciences humaines et sociales. Elle concerne tous les secteurs d'activité : transports, santé, énergie, industrie, logistique, finance ou encore commerce, de l'informatique en nuage (*cloud computing*) au véhicule autonome.



Portrait d'Alan Mathison Turing (1912-1954)

## DE QUOI L'IA EST-ELLE LE NOM?

### PLUS DE SOIXANTE ANS DE RECHERCHE

Si des « machines pensantes » sont apparues dans la littérature de science-fiction dès les années 1920, la science s'est emparée de la question à partir de 1950. Le mathématicien britannique Alan Turing explique alors comment savoir si une machine s'approche ou non d'une intelligence humaine. Il appelle cette méthode « le jeu de l'imitation », plus connu aujourd'hui sous le nom de « test de Turing ».

Depuis lors, les recherches sur l'IA ont connu des périodes plus ou moins fastes. Elles se sont considérablement accélérées dans la dernière décennie, au cours de laquelle la puissance de calcul des ordinateurs et les capacités de stockage et de partage de données via Internet ont augmenté de façon extraordinaire. Elles ont permis l'émergence de l'ère du « deep learning », dans laquelle nous nous trouvons aujourd'hui.

Le deep learning utilise de grands volumes de données pour entraîner la machine. Les ordinateurs, équipés de réseaux de neurones artificiels profonds, inspirés du cerveau humain, apprennent automatiquement et créent une infinité de liens entre les données. La création de ces liens permet de modéliser des données complexes pour ensuite prédire, prévoir, alerter, reconnaître. Un véhicule autonome, après un apprentissage de la perception, est, par exemple, en mesure de faire la différence entre les deux roues, les voitures, les piétons et l'environnement, à force de traiter et d'analyser des millions d'images.

### UN DÉFI ÉTHIQUE

Comprendre et utiliser le langage pour répondre automatiquement à des requêtes variées (agents conversationnels ou *chatbot*), coder un ensemble de connaissances et reproduire un raisonnement type pour prendre des décisions (sur des traitements médicaux par exemple), repérer des tendances ou des corrélations dans un très grand volume de données, créer ses propres connaissances en fonction de l'expérience accumulée et proposer des prédictions très fines, reconnaître des défauts de fabrication, détecter des visages, ou encore reproduire à la perfection certains gestes humains : les applications de l'IA sont exponentielles, ce qui fait naître de nouvelles questions éthiques, voire métaphysiques. L'IA, un bien pour l'humanité ou un danger ?

Côté potentiel, l'IA laisse présager des bonds technologiques et donc des progrès considérables dans tous ses champs d'application, notamment en médecine. Côté risques, même si l'intelligence artificielle actuelle est loin d'égaliser l'intelligence humaine, certains chercheurs estiment que la première IA dite « forte », qui aurait les mêmes capacités intellectuelles qu'un être humain ainsi qu'une conscience propre, pourrait voir le jour dès 2045, si la recherche continue à progresser au rythme actuel. Pour le Conseil de l'Europe, tout l'enjeu consiste donc, dès aujourd'hui, à prévenir « les biais, les discriminations, les atteintes à la vie privée, à la liberté d'expression ou de conscience, voire à la vie elle-même que pourrait provoquer une telle avancée technologique ».

### ▷ LE DILEMME DU TRAMWAY

Un tramway dont les freins viennent de lâcher fonce sur un groupe de 5 personnes qui n'ont pas la possibilité de s'échapper avant la collision. Mais vous pouvez les sauver en dérivant le tramway sur une autre voie, sur laquelle un seul travailleur est présent. Hélas, ce travailleur solitaire ne pourra pas, lui non plus, échapper à la collision. Que décidez-vous ? Agir ou ne rien faire ? Jugez-vous acceptable de sacrifier une personne pour en sauver cinq ? Ce problème imaginaire d'éthique, inventé à la fin des années 60, connaît une nouvelle jeunesse à la faveur des recherches sur les véhicules autonomes. Très critiquée, cette expérience de pensée ne renvoie à aucune réalité, et le dilemme du tramway n'a pas beaucoup d'utilité pour penser les questions éthiques de l'intelligence artificielle.

### ▷ LE TEST DE TURING

Ce test a été inventé par le mathématicien et informaticien britannique Alan Turing en 1950 pour vérifier la capacité d'une machine à faire preuve de signes d'intelligence humaine. Un être humain, le juge, converse à l'aveugle via un ordinateur avec deux entités à qui il pose une série de questions : une IA conversationnelle et un être humain. Si le juge est incapable de distinguer la machine de l'humain, alors elle est considérée comme ayant réussi le test de Turing. Ce test est critiqué notamment car il n'évalue qu'une forme particulière d'intelligence conversationnelle et qu'il ne couvre pas l'ensemble des capacités cognitives humaines.

### X XII<sup>e</sup> siècle | LES AUTOMATES D'AL-JAZARI

« L'horloge à éléphant » est un automate mécanique créé par l'inventeur arabe Al-Jazari. Toutes les demi-heures, l'oiseau sur le dôme sifflait, l'homme en bas laissait tomber une balle dans la gueule du dragon et le conducteur frappait l'éléphant avec son aiguillon. Al-Jazari a créé de nombreux autres automates à utilité médicale, militaire ou pour divertir.



### X 1642 | PREMIÈRE MACHINE À CALCULER



La pascaline est une machine mécanique inventée par le philosophe Blaise Pascal. Elle permet pour la première fois d'effectuer automatiquement des calculs : additions, soustractions et, plus tard, multiplications et divisions. Pascal en a créé plusieurs et a amélioré ses machines au fil du temps.

## UNE MACHINE PEUT-ELLE PENSER?

THIERRY MÉNISSIER,  
PHILOSOPHE

«Du point de vue philosophique, non, une machine ne pense pas puisqu'il n'y a pas de réflexivité à l'œuvre dans les calculs algorithmiques, même les plus sophistiqués. Et cela, même si certaines machines semblent capables de passer avec succès le test de Turing : elles peuvent bluffer un humain sur leur capacité à simuler la pensée. Je crois que c'est cela qui doit

être interrogé : les machines passent pour intelligentes, et cela rend leur usage redoutable et potentiellement dangereux pour l'humanité. Le risque qui est pris est ici celui de l'abaissement de l'autonomie humaine et de la pensée critique. Les remarquables résultats des machines algorithmiques nous poussent à les utiliser de manière abusive pour trouver des

solutions à tout, au lieu d'accepter d'affronter nos propres limites et nos doutes. Or, cela permet de rester humain ! Ce sont ces limites et ces doutes qui confèrent à l'existence humaine sa profondeur, car ils obligent à se réinventer sans cesse.»



4 FONCTIONS DE NOTRE INTELLIGENCE SONT SIMULÉES PAR LES MACHINES. ON LES RETROUVE DANS...

# LA VOITURE AUTONOME



X

## 1. PERCEVOIR

D'abord la machine perçoit des signaux reçus par des capteurs-caméras ou micros. Ces signaux (images, sons ou textes) sont interprétés par la machine et c'est ce qui lui permet de percevoir son environnement, de détecter les objets, les personnes et les obstacles autour d'elle.

X

## 3. AGIR

Puis la machine agit et interagit. Lorsque la meilleure action à prendre est choisie, l'ordinateur de bord de la voiture autonome envoie un ordre au reste de la voiture. Par exemple, freiner pour éviter une collision ou actionner le clignotant pour informer les autres voitures qu'elle tourne. Grâce à cela, une machine peut se déplacer, déplacer des objets mais aussi communiquer ou interagir avec ce qui l'entoure.

X

## 2. RAISONNER

Ensuite, la machine raisonne lorsque l'ordinateur de bord analyse les informations recueillies par les différents capteurs. Grâce à une grosse puissance de calcul, les raisonnements peuvent être plus rapides que les nôtres. Mais ils sont spécifiques, pour un but précis, là où les humains raisonnent sur beaucoup de problématiques différentes. Cette analyse va permettre à la voiture autonome de déterminer quelle action faire.

X

## 4. APPRENDRE

Enfin, la machine apprend et peut optimiser ses performances, grâce à l'apprentissage continu, appelé rétroaction. Pour cela, elle analyse ses réussites ou ses échecs passés qui continuent de l'entraîner. Par exemple, si la voiture autonome fait un dépassement risqué qui entraîne une rétroaction négative, elle ajuste ses paramètres pour éviter de reproduire cette erreur.



LA NAVETTE AUTONOME EZ10 DÉVELOPPÉE PAR LA START-UP TOULOUSAINE EASYMILE PEUT TRANSPORTER JUSQU'À 15 PASSAGERS SUR UN TRAJET INITIALEMENT PROGRAMMÉ.



### SERGE ABITEBOUL

est informaticien, directeur de recherche à l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria). Enseignant et auteur d'ouvrages de vulgarisation, il milite pour l'enseignement de l'informatique et l'accès au numérique pour tous et toutes.

ON PEUT  
S'ATTENDRE À  
TOUJOURS PLUS  
DE PROGRÈS  
SCIENTIFIQUES  
ET TECHNIQUES  
AVEC  
L'INTELLIGENCE  
ARTIFICIELLE.



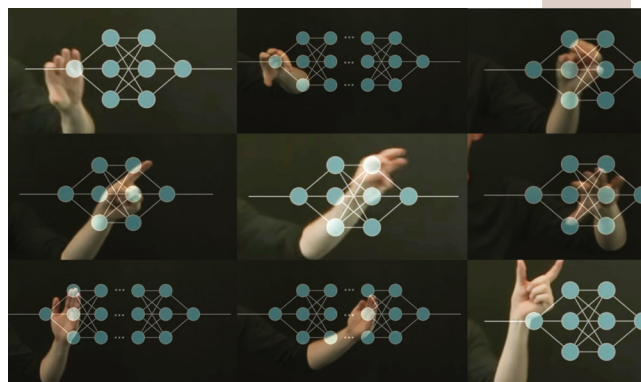
Ecouter le podcast du Quai des Savoirs "Détour vers le futur" : ChatGPT est-il plus malin que nous ? Avec Dominique Boullier et Farah Benamara

### Quel type d'intelligence se cache derrière une IA ?

Tout d'abord, il faut rappeler que la science informatique ne vise pas à créer quelque chose d'intelligent. Les ordinateurs et la science informatique ont pour but de faciliter la vie des humains. On essaie de trouver des logiciels qui apportent des solutions pratiques à des problèmes rencontrés. Et pour cela, on utilise des algorithmes. Les algorithmes existent depuis des millénaires. Il s'agit de suites d'instructions qui vont permettre d'effectuer des tâches récurrentes sans se tromper et sans avoir à chercher chaque fois la solution. Une recette de cuisine est un algorithme. On peut formuler un algorithme de telle sorte qu'il puisse être réalisé par un ordinateur. Cela conduit aux logiciels. Ce sont derrière les logiciels que se cache l'intelligence artificielle.

### À partir de quand à-t-on commencé à considérer que des machines réalisaient des choses de façon intelligente ?

Dans un premier temps, on a surtout utilisé des ordinateurs pour réaliser des calculs. Réaliser des calculs complexes, est-ce que cela demande de l'intelligence ? Traditionnellement, l'intelligence est associée à la capacité de raisonnement. Or le raisonnement mathématique, comme par exemple « si ceci, alors cela », constitue le cœur des fonctions réalisées par des ordinateurs. On parle parfois d'intelligence artificielle symbolique car elle manipule des symboles : des chiffres, des lettres, etc. L'informatique fait cela très bien depuis longtemps. Ce type de raisonnement a toutefois longtemps été mis en échec par des données plus complexes telles que les images et surtout le langage avec les phonèmes, les mots, le contexte, le ton... Cela a conduit à une autre branche de l'informatique, l'IA statistique. Quand on parle d'intelligence artificielle, on se réfère surtout à ces techniques d'IA statistique.



Métaphore de l'idée "d'IA explicable" (XAI). (Œuvre composée de captures d'écran d'une vidéo éducative expliquant les réseaux neuronaux.)

### De quelle façon cette gestion de tâches complexes a-t-elle progressé ?

Certaines tâches sont trop complexes pour que l'on parvienne à décrire précisément des algorithmes pour les résoudre. Pour ces tâches, on a développé l'apprentissage automatique et par exemple des logiciels qu'on appelle des réseaux de neurones (artificiels). Prenons la question de reconnaître un chat d'un chien. On va partir de nombreux exemples de chats et chiens. Et puis on va « entraîner » le réseau de neurones à les distinguer : il va régler ses millions de paramètres pour donner les bonnes réponses sur ces exemples. Si on lui présente une nouvelle image d'animal, il va décider si cela ressemble plutôt à un chat ou à un chien. Trois facteurs ont apporté à ces techniques des résultats impressionnants : une augmentation énorme des puissances de calcul des ordinateurs, l'accès à des corpus de données de plus en plus gigantesques et les progrès impressionnants des algorithmes d'apprentissage automatique. Les IA génératives qui font le buzz en ce moment se basent sur cette technologie pour générer du texte de manière véritablement impressionnante.

### L'IA pourrait-elle rivaliser un jour avec les capacités du cerveau humain ?

Il faut sortir de cette compétition entre cerveau humain et ordinateurs. Les deux sont extrêmement différents. Le but de l'informatique n'est pas de rivaliser avec l'humain mais de faciliter la vie des humains. Sur de très nombreuses tâches comme de calculer ou d'indexer des corpus, les logiciels font déjà mieux que les humains. Et alors ? Par contre, comparés à des humains, ils peuvent être très limités. Les IA génératives ne comprennent rien au texte qu'elles génèrent, et du coup, peuvent générer de grosses absurdités. La recherche informatique s'attache précisément à dépasser les limites actuelles. Mais il est difficile d'envisager quelles seront ses limites futures, alors que nous commençons à peine à analyser l'impact et le fonctionnement des logiciels que nous inventons aujourd'hui. Quand on considère les succès de cette science encore jeune, obtenus en moins de cent ans, il est risqué d'énoncer que ceci ou cela ne sera jamais réalisable.

Des IA pourront-elles, par exemple, générer des textes véritablement créatifs alors que les IA génératives actuelles se contentent d'imiter ? À mon avis, bien sûr, d'autres logiciels ont déjà démontré leur créativité. Pour ce qui est d'autres aspects de l'humain comme l'empathie ou la conscience, ce sont des fonctions très humaines qu'un logiciel peut simuler. Aller au-delà de la simulation ? Nous sortons du domaine de la science informatique.

## X 1842 | PREMIER PROGRAMME INFORMATIQUE



La mathématicienne Ada Lovelace crée un programme informatique pour faire fonctionner la machine analytique, une machine à calculer que Charles Babbage a imaginée en 1834. Ce que développe alors Ada Lovelace est le premier programme algorithmique conçu pour être exécuté par une machine.

## X 1936 | MACHINE ABSTRAITE DE TURING



Le mathématicien Alan Turing imagine une machine universelle capable d'exécuter n'importe quel programme, c'est-à-dire des séquences d'actions finies. Restée à l'état de concept, cette machine a permis de définir les fondements des algorithmes informatiques et les bases des ordinateurs modernes.



BRAIN WITH ARTIFICIAL NEURONS,  
FLOATING STRUCTURES :  
ICI, L'INTERPRÉTATION DE L'IA A  
TRANSCENDÉ LES ATTENTES INITIALES  
DE MON PROMPT. AU LIEU DE CRÉER  
UN CERVEAU, MIDJOURNEY A IMAGINÉ  
UN PERSONNAGE QUI PORTE DES  
"NEURONES ARTIFICIELS" À LA  
MANIÈRE D'UN CHANDELIER. IL EST  
À NOTER QU'IL S'AGIT D'UNE BELLE  
JEUNE FEMME BLANCHE, UN BIAIS  
FRÉQUENT CHEZ MIDJOURNEY. UN AUTRE  
INDICE RÉVÉLATEUR DE L'ORIGINE  
ARTIFICIELLE  
DE L'IMAGE EST LA MAIN AUX DOIGTS  
ÉTRANGES DE CETTE CRÉATION, QUI  
CONFIRME QU'IL NE S'AGIT PAS D'UNE  
SIMPLE PHOTOGRAPHIE.



## LA RÉVOLUTION DU *DEEP LEARNING* OU LES VERTIGES DE L'IA



Le Deep learning, ou Apprentissage profond, est une méthode d'apprentissage pour les machines qui a permis la plupart des récents et stupéfiants progrès de l'intelligence artificielle. Elle repose notamment sur la construction de systèmes informatiques inspirés par l'architecture de notre cerveau, comportant un certain nombre de neurones artificiels connectés entre eux. Au fur et à mesure que la machine apprend via des datas ou données entrées dans cette architecture neuronale, elle devient de plus en plus performante grâce à une combinaison de filtres appliqués aux différents neurones qui traitent les données. Plus la machine apprend, plus elle progresse et plus elle gagne en autonomie, ce qui, finalement, rapproche ce processus de l'apprentissage humain.

L'idée de faire apprendre aux machines est ancienne, et le Deep learning n'est que le dernier avatar de ce que l'on appelle plus généralement le Machine learning. En 1947, c'est l'un des pionniers des jeux vidéo sur ordinateur qui, le premier, a utilisé ce terme pour désigner « le champ d'étude qui donne aux ordinateurs la capacité d'apprendre sans être explicitement programmés à apprendre ». Plus tard, dans les années 1980, les chercheurs ont commencé à concevoir les premiers réseaux de neurones. Grâce à la puissance des cartes graphiques qui n'a cessé d'augmenter, les ordinateurs ont vu leur capacité de calcul exploser. Cela a permis d'envisager des réseaux de neurones d'apprentissage de plus en plus gros, organisés en différentes couches (une vingtaine environ).

Dans les années 1990, le chercheur français Yann Le Cun, considéré comme l'un des pères du deep learning moderne, a mis au point la technologie de convolution. À chaque couche, les neurones approfondissent la compréhension, par exemple d'une image, par la machine, avec des critères de plus en plus précis. Pour reconnaître une personne, la machine décompose l'image : visage, cheveux, bouche, et de plus en plus précisément jusqu'au grain de beauté.

« Toute technologie  
suffisamment  
avancée  
est indiscernable  
de la magie »

Arthur C. Clarke (1917-2008),  
auteur de science-fiction

L'intelligence artificielle conversationnelle ChatGPT, développée par la société américaine OpenAI et capable de générer du texte en « dialoguant » avec les humains, constitue une innovation majeure dans le champs des IA. Ses potentialités créatrices sont bluffantes : écrire de la poésie, développer des lignes de code informatique, préparer une plaidoirie ou réussir aux examens d'une grande école. Elle est un pur produit du Deep learning. C'est un algorithme qui, entraîné à deviner la « probabilité du mot d'après », peut répondre à tous types de requêtes, en générant du texte de manière autonome. Mieux encore : nourrie du savoir humain, ChatGPT en arrive à « créer » elle-même du savoir, en le recomposant à sa façon (y compris en produisant des fake news issues des biais humains). Vertigineux...

Les produits du deep learning concernent tous les secteurs. Ils permettent de tohater entre deux personnes ne parlant pas la même langue, de rédiger un texte correct du point de vue grammatical et de l'orthographe mais aussi fidèle au style d'un auteur donné, de différencier des tumeurs cancéreuses de celles qui ne le sont pas, ou encore de repérer des irrégularités dans les activités d'un système informatique.



**EMMANUEL BACRY** est mathématicien, directeur de recherche CNRS, Université Paris-Dauphine, membre de l'institut 3IA PR[A]IRIE et directeur scientifique du Health Data Hub. Dans ce cadre, il travaille en particulier sur les questions d'accès et de qualité des données de santé.

## LA QUALITÉ DES DONNÉES EST PRIMORDIALE.

**Pour nous proposer des applications, les intelligences artificielles s'appuient sur l'analyse de données. Comment cela fonctionne-t-il ?**

On pourrait comparer les réseaux de neurones artificiels du deep learning à une boîte, avec une entrée de données fournies par le développeur, une sortie qui est le résultat attendu de la machine (reconnaissance visuelle ou vocale par exemple) et, entre les deux, un réseau de couches successives de neurones artificiels qui travaillent. Certains de ces réseaux, appelés réseaux antagonistes génératifs ou GANs (Generative Adversarial Network), permettent de modéliser et d'imiter n'importe quelle distribution de données. Utilisés dans différents domaines (traitement d'images, de texte, de sons,...), les GANs sont des modèles dits génératifs, c'est-à-dire qu'ils cherchent à générer eux-mêmes des données qui leur sont propres. Vertigineux là aussi, quand on sait qu'à l'heure actuelle des milliards de données nourrissent les machines. Elles atteignent, dans les calculs et la capacité infinie à répondre à des demandes, une disproportion et une complexité telles que le sens commun humain, y-compris celui des chercheurs, finit par devenir insuffisant pour envisager tout ce qui peut être généré au cours de ces processus. En résulte une incapacité (pour le moment) d'assurer une traçabilité, pourtant essentielle, des données générées par des algorithmes qui, déjà, régissent une part importante de nos vies quotidiennes.

Cela va dépendre du type d'IA, mais une chose est sûre, la plupart des algorithmes d'IA ont besoin de quantités très importantes de données pour apprendre à accomplir les tâches qui leur sont confiées. Ainsi, dans le cadre d'une « IA supervisée » (on parle d'apprentissage supervisé), un humain donne à l'algorithme une consigne et lui présente des données pour lui apprendre à la réaliser. Par exemple, des milliers d'images de poumons, certains sains, d'autres présentant des tumeurs cancéreuses, en lui indiquant « ceci est un poumon sain », « ceci est une tumeur ». Cela demande d'énormes quantités d'images préalablement « annotées » par un expert (c'est-à-dire étiquetées poumon sain ou pas). L'algorithme va « apprendre » à partir de ces exemples.

Même si l'IA supervisée est la plus communément utilisée aujourd'hui, il existe beaucoup d'autres types d'IA, parfois extrêmement gourmandes en données. C'est le cas par exemple de l'IA auto-supervisée, celle qui est utilisée dans les *chatbots* comme ChatGPT.

**Comment s'assurer que les résultats sont fiables ?**

Cela va dépendre de nombreux facteurs comme le type de problème à résoudre, la façon dont la machine a appris ou encore la qualité des données. La qualité des données est un point primordial. Si les données sont biaisées, l'IA reproduira ces biais dans ses réponses. Un algorithme d'IA entraîné sur des données issues de mutuelles américaines devra ainsi être utilisé en production avec la plus grande précaution. En effet, aux USA, les gens qui ont des mutuelles sont majoritairement jeunes, riches, et plutôt en bonne santé : l'algorithme sera donc incapable de produire des réponses pertinentes pour des personnes âgées, pauvres ou avec des pathologies lourdes. Un corollaire, c'est la nécessité d'avoir

comme le nom, les adresses, etc.). De leur côté, les citoyens doivent consentir —ou non— à ce partage pour le bien commun, en l'occurrence ici faire progresser la médecine, la santé publique et les systèmes de soin. Mais il est parfois difficile de faire abstraction de tous les fantasmes véhiculés autour du partage des données de santé, qu'ils soient utopiques (« l'IA vaincra le cancer ») ou dystopiques (« à la 1984 » d'Orwell). Or, si le risque de partage existe, il faut aussi parler du risque de non-partage, des pertes de chances que cela implique, voire des morts que cela cause. L'éducation du citoyen sur les bénéfices et les risques du partage de ses données de santé ou sur les potentiels et les limites de l'IA, est donc, à mon sens, la priorité des priorités. Pour donner un exemple actuel, il faut par exemple comprendre qu'une IA



Examen de mammographies.

accès à des données associées à des individus très variés représentant la variété des patients sur lesquels on attendra de l'IA, par exemple, une aide experte de type diagnostic médical. Se pose alors le problème de l'« interopérabilité » de ces données : pour être exploitables, elles doivent utiliser des définitions communes. Or, les maladies ne sont pas forcément partout définies de la même façon.

**L'utilisation des données individuelles de santé implique que le citoyen accepte de partager des données considérées comme sensibles au risque qu'elles soient exploitées à des fins malveillantes.**

Pour rendre le partage des données acceptable, le processus et la finalité doivent être transparents. En matière de santé, cela implique de garantir une anonymisation des données (on

comme ChatGPT se fiche littéralement d'énoncer quelque chose de vrai ou pas. L'algorithme a été essentiellement formé à être politiquement correct (ni complotiste, ni raciste, ni sexiste...) et à prédire le mot le plus probable après une suite de mot, afin de donner une illusion d'intelligence en élaborant des phrases bien construites. Mais qui peuvent être erronées. Cela n'enlève rien à leur intérêt, simplement il est essentiel que l'utilisateur connaisse ces limites.

En outre, la plupart des IA sont encore incapables d'expliquer le pourquoi de leur réponse. C'est le cas par exemple des IA qui détectent des cancers sur de l'imagerie. Ainsi, l'IA va devenir une aide indispensable pour l'expert santé mais, a priori, elle ne le supplantera pas. Dans de nombreux cas, la « lecture finale », les décisions en découlant et les responsabilités associées, devront rester humaines.

X

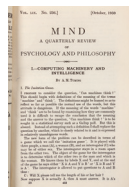
1946 | PREMIER ORDINATEUR



L'ENIAC (Electronic Numerator, Integrator, Analyzer and Computer) est le premier ordinateur entièrement électronique, programmable et reprogrammable. Il occupait une surface de 72 m<sup>2</sup> et pesait 30 tonnes ! Sa première programmation, faite par 6 mathématiciennes, servait à calculer des trajectoires de missiles.

X

1950 | ALAN TURING



**Une machine peut-elle penser ?** Dans cet article sur l'intelligence future des machines, le mathématicien Alan Turing imagine un test dans lequel une machine doit imiter la façon d'écrire d'un humain. L'objectif n'était pas tant de questionner l'intelligence des machines mais leurs capacités à imiter des comportements humains.

UTOPIA FACTORY :  
LORSQUE J'AJOUTE LE MOT  
"UTOPIE", CELA ME PERMET D'ALLER  
VERS DES INTERPRÉTATIONS PLUS  
LUMINEUSES ET CRÉATIVES,  
TOUT EN RESTANT DANS LE CÔTÉ  
"DARK" DE L'AVENIR.



# L'IA VA-T-ELLE RÉVOLUTIONNER LE TRAVAIL ?

# IA ET TRAVAIL : VERS UN GRAND REEMPLACEMENT?

Selon une étude de l'établissement financier américain Goldman Sachs, un quart du travail actuel pourrait être automatisé grâce à l'IA, ce qui entraînerait une progression de 7 % du PIB annuel des grandes économies mondiales. Quelques 300 millions d'emplois pourraient se trouver affectés par cette véritable révolution. L'automatisation de nombreux processus et tâches et l'exploitation des données à un niveau impossible à atteindre par les humains promettent des avantages qui semblent sans limites, en termes de performances et de productivité. En utilisant le *machine learning* pour personnaliser son service client, la plateforme de streaming Netflix a, par exemple, augmenté de 25 % sa clientèle en 2017.



Préparation robotisée des commandes.

La peur que suscite l'automatisation du travail n'est pas nouvelle. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, les premiers métiers à tisser automatisés, qui ont permis la fabrication en série du textile et contribué à la révolution industrielle, ont suscité des résistances. À l'époque comme aujourd'hui avec l'IA, les enjeux du changement sont éthiques et sécuritaires. Ils interrogent la valeur que nous donnons aux tâches et aux compétences, à l'humain et à la machine, et quel rapport nous voulons construire entre eux.

Entre amélioration des conditions de travail, gains de productivité et risques pour l'emploi, l'IA entraîne une mutation des frontières entre les métiers. Certains travailleurs peuvent craindre une dévalorisation de leurs compétences, une surcharge cognitive, un contrôle accru et une perte de sens liée à l'automatisation des tâches. Mais d'autres feront carrière dans des métiers émergents, notamment dans la supervision des machines.

En recentrant le travail humain sur les actions à plus forte valeur ajoutée, la plupart des professions se transforment déjà. Dans les usines, l'intelligence artificielle est utilisée pour analyser les processus de fabrication et mettre en place une production plus économe en

ressources par exemple. Les services clientèle utilisent des agents conversationnels pour répondre à leurs clients. Les responsables de ressources humaines utilisent des algorithmes d'aide à la décision pour prédire le roulement des salariés, en avançant l'hypothèse que certaines données telles que le salaire, la date d'embauche, les notes d'évaluation ou encore la satisfaction exprimée par l'employé, sont corrélés avec le risque de départ volontaire. Ces méthodes nécessitent à chaque fois la présence de superviseurs humains pour éviter les effets des erreurs des algorithmes.

Dans une enquête réalisée par le cabinet américain de conseil en stratégie McKinsey en 2021, 56 % des entreprises ont déclaré avoir adopté l'IA dans au moins une fonction, contre 50 % en 2020.

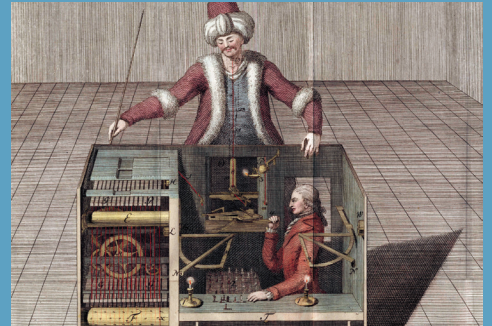
La mutation est à l'œuvre et le véritable enjeu est d'observer les orientations stratégiques des organisations, publiques comme privées, dans leurs contextes spécifiques (économie, social, technologie, démographie). Elles détermineront les effets et les usages de l'IA sur le travail.

Selon une autre étude du Forum Économique Mondial, 44 % des compétences seront

## ▷ QUI SONT LES TRAVAILLEURS DU CLIC ?

Nous avons demandé à Chat GPT3.5 de nous expliquer qui étaient les travailleurs du clic. Voici sa réponse :

Les travailleurs du clic, également appelés « microtravailleurs », effectuent des tâches en ligne de manière ponctuelle et souvent fragmentée. Ils sont souvent issus de pays en développement et travaillent via des plateformes comme Amazon Mechanical Turk. Leurs problématiques incluent des revenus instables, des conditions de travail précaires, l'absence de protection sociale, et le manque de reconnaissance. Ces travailleurs sont souvent confrontés à l'automatisation croissante, à l'exploitation par des plateformes opaques, et à des revenus insuffisants pour subvenir à leurs besoins essentiels. L'amélioration des droits et des conditions de travail pour ces travailleurs émergents est une question cruciale.



LE TURC MÉCANIQUE EST UN CÉLÈBRE CANULAR CONSTRUIT À LA FIN DU XVIII<sup>e</sup> SIÈCLE : IL S'AGISSAIT D'UN PRÉTENDU AUTOMATE (EN RÉALITÉ UN JOUEUR HUMAIN) DOTÉ DE LA FACULTÉ DE JOUER AUX ÉCHECS.

bouleversées d'ici à 5 ans par l'IA générative, et pour y faire face, 60 % des salariés devront être formés. Un enjeu crucial. Face à cette déferlante de nouvelles pratiques dans le travail, les compétences qui devraient compter dans le monde nouveau qui émerge devraient être, selon les spécialistes, la créativité et le sens critique. Des capacités somme toute très humaines...

Écouter le podcast du Quai des Savoirs "Détour vers le futur" : Allons-nous être remplacés ? Avec Bruno Watier et Yann Ferguson



### X 1956 | CRÉATION DU TERME "INTELLIGENCE ARTIFICIELLE"



Lors de la conférence de Dartmouth, des scientifiques de diverses disciplines s'interrogent sur la création de machines capables de résoudre des problèmes réservés aux humains, tout en réussissant à s'auto-améliorer. Le mathématicien John McCarthy y présente un algorithme utilisé dans les programmes d'échecs. C'est lui qui propose le terme « Intelligence Artificielle » pour cette discipline naissante.

### X 1957 | PREMIER ALGORITHME D'APPRENTISSAGE



Le mathématicien Alan Turing imagine une machine universelle capable d'exécuter n'importe quel programme, c'est-à-dire des séquences d'actions finies. Restée à l'état de concept, cette machine a permis de définir les fondements des algorithmes informatiques et les bases des ordinateurs modernes.

# PORTRAITS DE TRAVAILLEURS

TÉMOIGNAGES FICTIFS BASÉS SUR DES FAITS RÉELS. IMAGES GÉNÉRÉES AVEC STABLE DIFFUSION.



## ➔ 1. ALDO

ASSISTANT DE DIRECTION – TRAVAILLEUR REMPLACÉ

Chat GPT? Il a l'air de faire des miracles, celui-là. Mais une chose est sûre, jamais il ne me remplacera! Je suis dans ce métier depuis plus de 20 ans, et laisse-moi te dire que je n'ai jamais eu besoin de tous ces artifices pour faire mon travail! Ce que je fais, aucune machine ne peut le faire aussi bien que moi. J'y mets du cœur. Mais bon, je me pose quand même une question... Si les programmes d'IA sont si forts pour rédiger, trier, organiser... c'est toute une partie de mon travail où je serai remplacé! Dans dix ans, les assistants comme moi, il n'y en aura plus! Et il faudra bien les gérer, ces programmes d'IA! Je n'ai aucune envie de devenir informaticien, moi. Enfin bon, j'ai bien compris que je vais devoir m'y intéresser un minimum...



## ➔ 2. IGOR

PRÉPARATEUR DE COMMANDE – TRAVAILLEUR DOMINÉ

Mon mec est préparateur de commandes pour une grande enseigne. L'ambiance y est pas géniale : personne ne doit se parler, sinon ça fait baisser la cadence. Là, il dort, car il est épuisé. Tous les jours, pendant 7 heures, il est équipé d'une oreillette qui lui dicte tout ce qu'il doit faire : prendre un colis, telle allée, telle rangée... Et il doit répondre « OK » pour valider chaque action ou dire « répéter » s'il a mal compris. Il n'ose pas couper le son pour se reposer : il est nouveau... et se laisse dominer. Alors, j'ai fait des recherches. Un documentaire est récemment sorti à ce sujet. Il parlait des effets à long terme sur les employés : isolement, perte d'autonomie, d'initiative, problèmes de communication... Ça m'inquiète.



## ➔ 3. AMINATA

CHAUFFEUR DE TAXI – TRAVAILLEUSE AUGMENTÉE

Voilà des mois que je roule dans Paris avec mon taxi et une appli de géolocalisation que les collègues m'ont conseillée, au début, pour ne pas me perdre. Aujourd'hui, je ne l'utilise plus que pour de gros événements ou la grève des métros, quand je sais qu'il y aura vraiment du monde sur la route. Elle recalcule sans cesse le trajet pour qu'il soit le plus rapide possible... Je la considère un peu comme ma co-pilote. En plus, la dernière fonctionnalité en date est top : elle permet de traduire ce que mes clients me demandent dans n'importe quelle langue. Pas mal, non? C'est un gadget qui augmente mes capacités, mais je n'en abuse pas, sinon je ne vais plus savoir utiliser mon cerveau.



## ➔ 4. MEI-LIN

JOURNALISTE – TRAVAILLEUSE DIVISÉE

Au taf, on nous incite à utiliser l'IA pour faciliter notre travail et nous démarquer des autres magazines. J'ai bien compris : rentabilité avant tout! Les générateurs de textes sont capables de beaucoup de choses : trouver des sujets, créer des images, traduire en plusieurs langues, même écrire des articles entiers! Ça m'a rendu dingue, puis j'ai voulu tester. J'ai poussé les limites, écrit des choses qui ne voulaient rien dire, pour voir : les réponses sont creuses, froides, les propositions vagues. Ça se travaille d'avoir une bonne plume! Ce qui me chiffonne, c'est que l'IA rend l'écriture très accessible. La concurrence va être rude. On ne disparaîtra pas, mais on perdra l'expertise... on risque de devenir les Uber du journalisme.



## ➔ 5. SYRINE

ORNITHOLOGUE – TRAVAILLEUSE RÉHUMANISÉE

Enchantée, Dr. Syrine, ornithologue! J'observe et participe au traçage des oiseaux en accrochant un marqueur à leurs pattes. C'est assez répétitif... j'ai parfois l'impression d'être un robot! Ce que je veux, c'est faire des analyses, formuler des hypothèses, sensibiliser le public... Faire des découvertes! Ma collègue Sarah vient juste de créer un système qui automatisera la surveillance des oiseaux. Son projet est très prometteur! Il s'agit de créer des capteurs qui seront placés dans des mangeoires et prendront les oiseaux en photo. À partir de là, une IA pourra les identifier automatiquement. J'ai hâte que sa technologie aboutisse : ça me permettrait d'enfin me consacrer à mon métier de chercheuse...





LIGHT WHITE AND TEAL : J'AI DÉLIBÉRÉMENT INTÉGRÉ CETTE PALETTE (MÉLANT UN BLANC LUMINEUX ET UN BLEU-VERT) DANS MON PROMPT AXÉ SUR L'AGRICULTURE POUR LA RENDRE PLUS FUTURISTE. LA MACHINE INVENTÉE DE TOUTES PIÈCES PAR MIDJOURNEY EST INSPIRÉE DU TERME "SATELLITE".

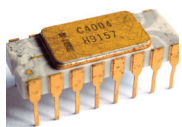
# UNE ALLIÉE FACE AUX DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX ?

X

De l'anticipation des catastrophes naturelles à l'optimisation de la consommation des ressources de la planète, l'intelligence artificielle nous promet des progrès considérables en termes d'écologie. Mais, à l'heure actuelle, ses besoins croissants en eau, en terres rares, en métaux et matériaux ainsi qu'en énergie, ne font pas encore pencher la balance du bon côté. C'est seulement une question de temps, considèrent les experts, avant que l'IA ne devienne une alliée dans la nécessaire transition écologique.

X

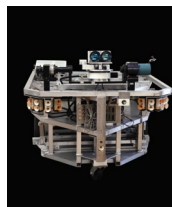
1971 | CRÉATION DU MICROPROCESSEUR



L'entreprise Intel est la première à réussir à miniaturiser un processeur. Ce composant électronique permet d'exécuter les commandes de base des programmes informatiques. Cette miniaturisation du processeur le rend plus rapide, plus fiable et baisse son prix.

X

1977 | PREMIER ROBOT FRANÇAIS



HILARE (Heuristiques intégrées aux logiciels et aux automatismes dans un robot évolutif) est le premier robot mobile français capable de se déplacer de façon autonome dans un milieu inconnu. Grâce à des algorithmes liés à ses capteurs, il peut analyser son environnement et prendre des décisions en fonction des données récoltées.



Récupération des métaux dans des déchets électroniques à Agbogboshie, au Ghana.

Le monde virtuel ne vit pas « hors-sol », il se heurte aux réalités de la physique. Pour exister, l'IA se développe, se nourrit et se déploie dans les *data centers* (ces grands terminaux qui abritent les machines et les stocks de données). Ces derniers, pour être construits et fonctionner, nécessitent tout un substrat matériel puisé dans les réserves terrestres et ils produisent une quantité importante de déchets électroniques polluants. Le secteur le plus critique en matière de coût écologique est celui de l'entraînement des modèles d'IA. L'entraînement (acquisition et traitement des données) d'un modèle « correspond à environ 300 tonnes de CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère (un Français émet en moyenne 12 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an, ndlr), précise Dejan Glavas, professeur associé de

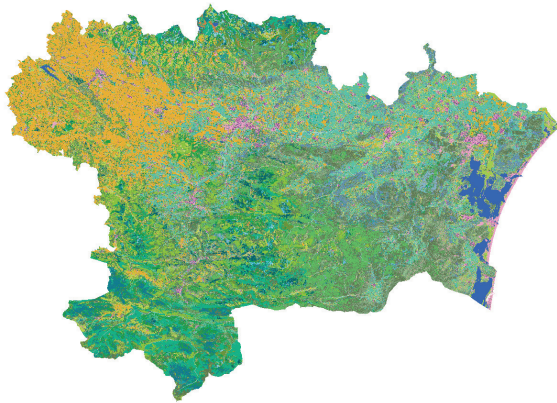
finance à l'école de commerce ESSCA et expert en finance durable auprès de la Commission européenne. *Plus un modèle d'IA doit être précis, plus la quantité d'informations qu'on doit lui injecter augmente. Et ce de manière exponentielle. Plus une IA est puissante, plus son entraînement pollue* » Il n'existe pas de consensus en matière de mesure de l'impact environnemental de l'intelligence artificielle. Mais la plupart des chercheurs prévoient que ce dernier va stagner puis décroître, en optimisant la gestion et la consommation énergétique des data centers. Comme le souligne Dejan Glavas, « une fois paramétrée, une IA peut être utilisée autant qu'on le souhaite, sans avoir besoin de l'entraîner à nouveau. Elle a alors beaucoup moins d'impact »

## DÉJÀ À L'ŒUVRE

De nombreux projets s'appuient sur les capacités prédictives de l'intelligence artificielle. Le 29 mars 2023, le CNRS et Météo France ont lancé le projet TRACOS, destiné à transformer la modélisation du climat et à explorer « l'éventail des futurs climatiques possibles ». Partout, des algorithmes sont nourris de données qui leur permettent de déterminer les risques d'inondations ou de sécheresses dans des zones déterminées. Les prédictions climatiques permettent, entre autres, de mieux gérer l'utilisation des énergies renouvelables souvent inconstantes, et donc de moins faire appel à des énergies plus émettrices de carbone.

Optimiser des chaînes de transport, routier, fluvial, ferré, aérien ou maritime, automatisées et durables, proposer de nouvelles gammes de services éco-compatibles dans tous les secteurs de production et les territoires : l'IA pourrait contribuer, selon le Capgemini Research Institute, à une diminution de 16 % des émissions de gaz à effet de serre au cours des cinq prochaines années.

Enfin, dans le domaine agricole, l'IA devrait également permettre une meilleure rationalisation des exploitations agricoles, une optimisation du rendement des terres, la diminution ou la suppression des pesticides en détectant suffisamment tôt les maladies et les proliférations d'insectes, ou encore la conception de ruches connectées pour suivre la santé des abeilles. Dans un autre secteur, celui du traitement des déchets, le *deep learning* a permis des progrès notables en matière de tri sélectif. On pourra citer également les robots guidés par intelligence artificielle mobilisés par l'association Ocean Cleanup, pour récolter des tonnes de plastique en profondeur dans les milieux maritimes.



Cartographie de classification de la végétation dans le département de l'Aude réalisée dans le cadre du projet Aléofeu avec le support de l'observatoire spatial pour le climat (SOC). Cette carte, qui référence différents types d'occupation du sol est obtenue en croisant de nombreuses données de différentes sources. Cette classification fine de la végétation permet d'élaborer une cartographie de l'aléa du feu de forêt qui aidera à mieux anticiper et organiser la lutte contre les incendies, mieux prédire les risques, et ainsi adapter le territoire pour protéger la population.

Mine de cuivre à ciel ouvert en République démocratique du Congo.



**78 %**

DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE sur les émissions de gaz à effet de serre est lié à l'étape de fabrication. Celle-ci nécessite une extraction importante de métaux stratégiques et est surtout effectuée dans des pays au mix énergétique fortement carboné.

**10 %**

DE LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE ANNUELLE vient des services numériques. Soit, la consommation de 8,3 millions de foyers français.

**2,5 %**

de l'empreinte carbone de la France est liée au numérique. C'est un peu plus que le secteur des déchets.



Vue aérienne d'un centre de données.

Composants internes d'un téléphone mobile.



**50**

Un smartphone comprend environ 50 MÉTAUX DIFFÉRENTS, et ON NE SAIT EN RECYCLER QUE 10 (si le smartphone est collecté).

**20 millions**

de TONNES DE DÉCHETS sont produits par an sur l'ensemble du cycle de vie des équipements à l'échelle de la France (soit 229kg/habitant)

# ENJEUX ÉTHIQUES DE L'IA UN CADRE LÉGISLATIF ET DE LA TRANSPARENCE

ROBOTIC DOCTOR : J'AUROIS PROBABLEMENT DU FOURNIR UNE EXPLICATION PLUS DÉTAILLÉE SUR CE QU'EST UN MÉDECIN ROBOT, MAIS MALGRÉ CELA, L'IMAGE PRÉSENTE UN INTÉRIEUR INTRIGANT. ON DIRAIT PRESQUE QU'UN LAUNDROMAT S'EST INTRODUIT DANS LE FILM "2001 : L'ODYSSÉE DE L'ESPACE" DE KUBRICK.

X

Donneriez-vous aujourd'hui votre accord pour qu'une entreprise utilise vos données personnelles pour créer un Deadbot, une version numérique de vous qui vous permettrait de « vivre » après votre mort ? Comment réagiriez-vous si un policier venait vous arrêter parce que son ordinateur a prédit que vous alliez commettre un crime ? Comment les voitures automatiques prendront-elles leurs décisions en cas d'accident de la route imminent ? En protégeant la machine d'éventuels dégâts, ou l'humain qui se trouve à son bord ? Que diriez-vous d'une armée de robots-soldats qui ne connaîtraient pas l'empathie ?

**A** lors que l'IA se généralise, il n'existe à l'heure actuelle aucune législation mondiale pour en fixer les limites. Chacun y va de ses lettres ouvertes, rapports, conférences, de ses recommandations sur les risques de l'IA et sur les grands principes qui doivent nourrir et guider les futures législations. De l'Unesco à l'Union Européenne en passant par la CNIL en France, ou encore les différents gouvernements, et même des chercheurs comme Stephen Hawking ou des développeurs d'IA comme Elon Musk, il est difficile de s'y retrouver entre toutes ces voix qui n'ont pas les mêmes intérêts.

#### POINTER LES RISQUES

L'un des risques éthiques les plus cités est celui des biais des algorithmes. Ces derniers se constituent en apprenant dans des bases de données, ils dépendent de l'origine et de

l'orientation de ces données. Elles peuvent être discriminantes ou racistes par exemple : « *Si une base de données ne comporte que des informations sur des hommes, la technologie va projeter des décisions qui vont à l'avantage des hommes* », explique Maria Grazia Squicciarini, au secteur des sciences sociales et humaines à l'Unesco.

D'autres risques sont cités, en cas d'usage incontrôlé ou malveillant de l'intelligence artificielle, en raison notamment de la masse inédite, incontrôlée et invérifiable de données qui circulent : atteintes à la vie privée, manipulations, classification sociale, fabrication de fausses informations, surveillance de masse, uniformisation de la pensée.

En France, la Commission nationale informatique et liberté (CNIL) a publié en 2017 un rapport intitulé *Comment permettre à l'Homme de garder la main ? Rapport sur les enjeux éthiques des*

algorithmes et de l'intelligence artificielle. Parmi les défis éthiques qu'il soulève, « la délégation croissante de tâches, de raisonnements ou de décisions de plus en plus critiques à des machines. Souvent jugées infaillibles et « neutres », celles-ci n'ouvrent-elles pas la voie à une confiance excessive et à la tentation pour chacun de ne pas exercer pleinement ses responsabilités ? ».

#### DÉFINIR LES REPÈRES ÉTHIQUES DES FUTURES RÉGLEMENTATIONS



Cardiff, Pays de Galles, 2020. Des supporters de football protestent contre la décision de la police d'utiliser la technologie d'identification faciale.

En novembre 2021, les 193 États membres de l'UNESCO, réunis en Conférence générale, ont adopté la Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle, tout premier instrument normatif mondial sur le sujet : « La protection des droits de l'homme et de la dignité est la pierre angulaire de la Recommandation, (...) sans jamais perdre de vue l'importance de la responsabilité humaine dans le contrôle des systèmes d'intelligence artificielle ».

Gouvernance, sécurité, transparence, durabilité, consentement, équité : tous les domaines éthiques sont abordés dans ces recommandations, avec une mention particulière pour l'éducation, qui doit permettre aux humains une utilisation éclairée de l'IA.

La Loi Intelligence Artificielle européenne, la première du genre, après avoir été débattue au Parlement en juin 2023, a été adoptée le 9 décembre 2023. La question épineuse et pharaonique du contrôle devrait devenir centrale, pour instaurer des règles éthiques, qui protègent les citoyennes et citoyens européens.

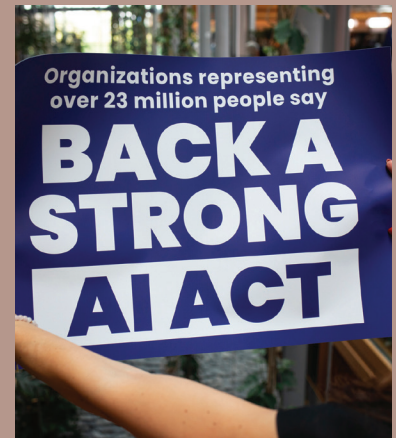


## QUI CONTRÔLE L'IA ?

MARIE-LAURE DENIS, présidente de la CNIL (commission nationale de l'informatique et des libertés)

« D'abord, il s'agit de s'assurer que ces systèmes disent ce qu'ils font et font ce qu'ils disent, en particulier au regard des enjeux d'explicabilité et d'interprétation des décisions et des résultats produits. Ensuite il est essentiel de s'assurer que les utilisateurs gardent la main sur ces outils. Il s'agit de penser la place des hommes dans les interactions avec la machine et plus globalement dans le processus de décision.

Enfin ces systèmes doivent être régulés par des organismes de supervision. Les régulateurs de ces technologies développent des modalités de contrôle *a priori*, avant leur mise sur le marché et, *a posteriori*, une fois ceux-ci utilisés dans la vie courante. Cette approche en deux temps vise à s'assurer que ces systèmes rendent compte des effets qu'ils produisent. »



## A.I. ACT

L'Intelligence Artificielle est un domaine qui, jusque récemment, n'avait pas de cadre juridique spécifique. Le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données), entré en vigueur en 2018, avait beau déjà encadrer la récupération des données à caractère personnel, le sujet des diverses applications de l'IA souffrait encore, il y a peu, d'un manque de réglementation dédiée. C'est dans ce contexte qu'est né l'AI Act, projet visant à légiférer à l'échelle européenne sur cette technologie nouvelle et édifiante. Son adoption, rendue nécessaire par les progrès fulgurants et le caractère irrépressible de l'IA, permet de définir des normes garantissant la transparence, la responsabilité et la sécurité des systèmes algorithmiques. Ceux-ci sont classés par niveaux de risque et les plus dangereux, pour la société ou l'environnement, par exemple, sont interdits. Longuement débattue et discutée au Parlement européen, cette nouvelle réglementation pourrait, à terme, aboutir sur une législation appliquée dans le monde entier, à l'instar du RGPD qui, d'abord européen, s'est très vite vu repris à l'international.



### 1984 | PREMIÈRE VOITURE AUTONOME



VaMoRs, une camionnette automatique Mercedes-Benz 508D, est équipée de caméras, d'un ordinateur de bord et de capteurs. C'est la première voiture autonome qui roule toute seule à la vitesse de 100 km/h sur une route sans trafic. Elle marque les premières recherches sur les voitures autonomes.



### 1989 | CRÉATION DU WORLD WIDE WEB



L'un des premiers réseaux informatiques, ARPANet, créé en 1969 pour transmettre des données militaires, est désactivé au profit de systèmes civils : c'est l'Internet qu'on connaît aujourd'hui. Peu après, le World Wide Web est créé. Ce système public permet de consulter des pages sur un navigateur Internet, dont il facilite et démocratise l'utilisation.



## IA ET IMMORTALITÉ

En 2013, la série dystopique *Black Mirror* imaginait une application mobile permettant de converser avec les morts. Vouloir garder le lien avec un proche disparu est un désir naturel et c'est là tout l'intérêt du show : il projette le spectateur dans un futur au premier abord désirable, pour ensuite lui en faire percevoir les failles et dangers potentiels. Les scénaristes ont eu du flair. Aujourd'hui, de nombreuses entreprises développent des IA capables d'imiter les discussions que l'on aurait pu avoir avec nos chers défunts. Ce sont les deadbots. Couplant différentes technologies d'intelligence artificielle, comme des IA conversationnelles ou de synthèse vocale, ces applications permettent de poursuivre les relations que la mort a terminées, du moins en apparence. Certaines vont même jusqu'à utiliser les archives des messages échangés pour reproduire une personnalité fictive, proche de celle du disparu, ou même jusqu'à recréer son image animée — c'est ce qu'on appelle le deepfake.

On a ainsi pu voir, en Corée du Sud, une mère retrouvant par le biais d'un casque de réalité virtuelle son enfant déoédée. La séquence est bouleversante et, surtout, elle questionne quant à l'éthique du dispositif. Le Comité national pilote d'éthique du numérique (ONPEN) a justement pointé, en 2021, les risques d'atteinte à la santé mentale induits par cette illusion de présence. Ces risques sont d'autant plus grands que « l'utilisateur projette des caractéristiques humaines sur le chatbot de manière spontanée et inconsciente [...] Dans certains cas, il pourrait en résulter une altération du jugement, tant sur le plan cognitif que moral » (ONPEN 2021 : 16). Au sujet des disparus, le comité rappelle que « la dignité de la personne humaine ne s'efface pas avec la mort ». Le recueil des données et leur traitement algorithmique devront, en conséquence et autant que possible, se faire dans le respect de la mémoire de ces personnes disparues.



## RECONNAISSANCE FACIALE

En 1991, deux chercheurs du MIT inventent une technologie classifiant les visages et les décomposant en éléments mathématiques compréhensibles pour un algorithme. La reconnaissance faciale est née. Elle identifie les personnes en analysant les caractéristiques de leurs visages, comme la disposition des yeux, du nez et de la bouche. Aujourd'hui, elle permet de déverrouiller des smartphones, de sécuriser des systèmes de paiement, de surveiller les espaces publics, les frontières, ou encore d'identifier des criminels. Elle connaît encore de considérables avancées, portée par les investissements que déclenchent régulièrement attentats et crises sécuritaires. Son utilisation soulève cependant plusieurs questions concernant la vie privée et la sécurité des données : parce qu'elle recèle un grand potentiel d'aide à la répression et à l'autoritarisme, elle fait l'objet de débats et de réglementations dans de nombreux pays.

## LES BIAIS DE L'IA.

En 1934, l'historien Lewis Mumford publie *Techniques et civilisation*, ouvrage dans lequel il souligne que les techniques sont le reflet des sociétés qui les voient naître. Selon lui, les technologies sont au service d'une certaine représentation du monde et révèlent les systèmes de valeurs de ceux qui les conçoivent. Ce paradigme est particulièrement vrai avec les IA ; les exemples de biais qu'elles engendrent et reproduisent sont nombreux.

Le plus explicite est sans doute celui qui concerne un certain *chatbot* conçu par Microsoft. Nommé TAY, ce logiciel de conversation a été introduit sur Twitter en 2016 et aussitôt retiré : apprenant des messages que postaient les internautes sur sa page, il a rapidement assimilé les idées racistes et misogynes de certains d'entre eux pour les faire siennes et les diffuser... Et cette soudaine avalanche de contenu haineux a scellé son sort, puisque les développeurs se sont très vite vus obligés de le supprimer de la plateforme. Ce comportement, très inquiétant de la part d'un logiciel, met en lumière les biais que nos propres perceptions, quand elles alimentent les algorithmes, induisent chez ces derniers. L'IA se nourrit de nous, sans

distinguer les messages discriminants ou virulents de ceux simplement factuels ou plus neutres, et évolue en conséquence. Il est difficile de reprocher à ces logiciels leurs partis-pris discriminatoires. Comme l'énonce le professeur d'intelligence artificielle Toby Walsh, « nous ne pouvons pas construire aujourd'hui de machines morales pouvant être tenues pour responsables de leurs choix ».

Le problème, finalement, c'est la prise de décision quand elle n'est pas supervisée. Il est donc essentiel de savoir déceler chez les IA les biais induits par les subjectivités humaines et de garder à l'esprit que les technologies ne sont qu'un miroir de nos propres représentations.



**OÉLINE CASTETS-RENARD** est Professeure en droit à la faculté de droit civil de l'Université d'Ottawa, titulaire d'une chaire de recherche IA responsable à l'échelle mondiale et d'une chaire ANITI (Université de Toulouse). Elle étudie notamment l'impact des technologies sur le droit humain et les enjeux sociaux des technologies.

**L'IA EST ENTRÉ DANS NOS VIES, IL EST LÉGITIME QUE LA SOCIÉTÉ S'EMPRE DU SUJET À TRAVERS DES LOIS.**



**Pourquoi est-il devenu urgent de légiférer sur l'IA ?**

Les technologies de l'Intelligence artificielle existent depuis plusieurs années déjà, mais aujourd'hui, nous comprenons mieux ces systèmes et leurs effets sur la société. Cette maturité permet une réflexion et donc un encadrement plus global. Par ailleurs, l'arrivée incontrôlée sur le marché de l'IA conversationnelle ChatGPT, en novembre 2022, a fait prendre conscience de la nécessité de réglementer en amont les usages potentiels, car ce système a véritablement bouleversé nos sociétés.

Jusqu'à présent, les utilisations de l'IA étaient régies par des principes généraux, des règles éthiques fondées sur la transparence, la minimisation des risques de biais, la non-discrimination... Mais la différence entre l'éthique et le droit, c'est que le droit à un caractère obligatoire. Il anticipe les risques et vise à les limiter en imposant des règles, des contrôles en amont et des sanctions en cas de non-respect. Inscrire l'IA dans le droit, cela signifie que la société s'empare du sujet dont elle a saisi les enjeux et les risques.

**Mais la technologie n'est pas figée. Ni ses applications. Comment encadrer des systèmes et des usages évolutifs ?**

Il ne faut pas craindre de faire du droit sans attendre une stabilité car il n'y en aura jamais. Les technologies de l'IA n'arrêtent pas d'évoluer, elles resteront dans nos vies et leurs applications vont s'amplifier. Il faut donc poser sans tarder des exigences minimales. C'est tout l'enjeu de l'IA Act, élaboré par la Commission européenne. Ce premier grand texte à l'échelle internationale identifie trois familles de risques — pour la santé, la sécurité et les droits fondamentaux — classés en quatre catégories : inacceptable, à haut risque, risque élevé, peu probable. En tête des risques inacceptables se trouve la manipulation mentale, c'est-à-dire le fait de pousser un individu à penser ou à agir d'une façon qu'il ne ferait pas de lui-même, en le trompant. Figure également l'usage de données à des fins de classement social. Or les robots personnels par exemple, peuvent déjà recueillir des données. Et ils ont déjà influencé nos comportements et nos modes de pensées. C'est pourquoi la loi ne s'attaque pas à certains types de technologies ou méthodes d'IA, mais à leurs effets, car selon le contexte, une même technologie aura des effets soit positifs soit négatifs.

**Le droit détermine donc le cadre de ce qui est tolérable ou non, mais la société peut évoluer dans ce qu'elle est prête à accepter.**

Absolument. Dans des contextes exceptionnels tels que des risques terroristes, on consent plus facilement aux contrôles policiers aidés par la reconnaissance faciale ou par l'exploitation des données personnelles. Aussi, ces usages bien que jugés « à risque élevé » ne sont pas interdits, mais strictement limités à certains cas, pour des durées et des lieux précis et sous

contrôle judiciaire. La loi pose un cadre, amené à évoluer. Et chaque modification légale donne l'opportunité de débattre de problématiques concrètes auxquelles nous sommes tous confrontés. Avec l'IA nous sommes tous des rats de laboratoire. Chat GPT nous a démontré qu'il n'est pas possible de se servir d'une telle technologie sans explications de ce qui en est fait, y compris par les États, pour les usages militaires et de sécurité nationale. L'explicabilité est à ce titre un volet essentiel des lois sur l'IA. Tout le monde doit être en mesure de savoir quelles données un algorithme a utilisées, quelles tâches lui ont été assignées, sur quels critères dominants et avec quel contrôle humain. Ce dernier est indispensable. Derrière chaque machine, un humain doit pouvoir comprendre ce que fait la machine et remettre en cause la décision de l'IA.

**Comment réglementer sans freiner les avancées scientifiques et techniques ?**

Le droit ne vise pas la recherche mais la mise sur le marché. Bien sûr, la liberté d'investiguer, de chercher, d'innover doit perdurer. Une invention peut avoir de multiples usages dont certains particulièrement bénéfiques, notamment en médecine. Souvent, on ignore même à quoi elle pourra servir, il n'est donc pas question de la restreindre a priori. D'autant que la proposition européenne autorise des essais dans des environnements « bacs à sable », des tests et simulations pour anticiper les impacts avant de diffuser un produit ou une technique à large échelle. Mais il est de la responsabilité de chacun de s'y intéresser.



X

1997 | DEEP BLUE BAT GARRY KASPAROV



Le système expert Deep Blue d'IBM bat le champion d'échecs Garry Kasparov lors d'un match de revanche. Après une défaite du superordinateur l'année précédente, cette victoire est un tournant. Les duels entre humains et machines dans les jeux servent de repères aux évolutions des technologies dotées d'IA.

X

2007 | PREMIER SMARTPHONE



Apple présente l'iPhone, son nouveau téléphone portable tactile sans touches physiques. L'interface humain-machine évolue avec la généralisation de ces téléphones intelligents : les smartphones. Le système tactile permet d'avoir un contact encore plus direct avec la machine.



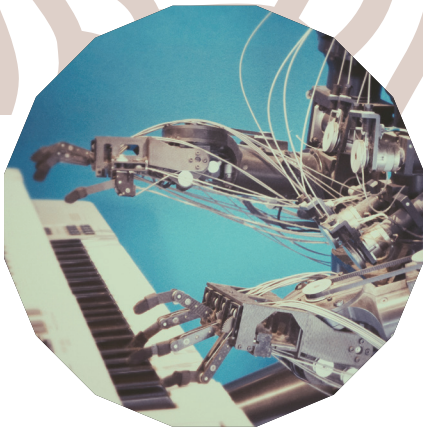
# VERS UNE ÈRE DE CRÉATIVITÉ ASSISTÉE?



SURREAL ROBOTICS, JUXTAPOSITION OF OBJECTS, PHOTO-REALISTIC HYPERBOLE, BOTTICELLI-ESQUE FIGURES :  
ICI, L'INTÉGRALITÉ DE MON PROMPT A ÉTÉ GÉNÉRÉE PAR L'IA EN UTILISANT L'ANALYSE D'UNE AUTRE IMAGE MIDJOURNEY. CETTE ANALYSE A ÉTÉ RÉALISÉE GRÂCE À LA COMMANDE "DESCRIBE" POUR OBTENIR UN PROMPT. CÉPENDANT, CETTE IMAGE A TRÈS PEU DE RESSEMBLANCE AVEC L'IMAGE D'ORIGINE UTILISÉE POUR L'ANALYSE. JE PEUX AUSSI N'UTILISER QU'UN OU DEUX MOTS ET LES COMBINER AVEC D'AUTRES PROMPTS POUR AVANCER DANS MES RECHERCHES.

X

Les modèles d'IA nés de la révolution du Deep learning, ou apprentissage profond, brouillent les frontières séparant les capacités humaines de celles des machines. Le recours de plus en plus fréquent à des logiciels de création et de génération de contenus tels que Midjourney, Dall-E, Stable Diffusion, Chat GPT ou encore Imagen, capables de produire à la demande des textes, des images, ou des compositions musicales, soulève de nombreuses interrogations sur l'avenir de la création, ce produit de la sensibilité et de l'imagination humaine. Est-elle en danger? Quel statut pour les œuvres générées en utilisant l'IA et qui peut aujourd'hui en revendiquer l'autorat : l'homme, la machine, les auteurs des millions d'œuvres qui ont servi à nourrir les algorithmes? Quelles responsabilités et quel droit moral? Quelles rémunérations et pour qui?



En 2023, un vent de tempête a secoué Hollywood. Plus de 170 000 scénaristes et acteurs, dont certaines stars du grand écran, réclamaient des garanties de ne pas disparaître face aux bouleversements liés à l'usage de l'intelligence artificielle pour générer et exploiter des doublures virtuelles, rédiger des scénarios ou créer des images sans avoir recours au réel. La plupart des artistes, musiciens, écrivains, peintres ou photographes se demandent également si l'IA constitue une menace ou au contraire un outil, susceptible d'ouvrir une infinité de nouvelles voies créatives.

Ces nombreux questionnements interrogent le statut et le rôle de la technique dans le processus artistique, un sujet aussi ancien que l'art lui-même. « *On a toujours rêvé de créatures artificielles, autonomes, capables de remplacer, voire de dépasser les humains. Depuis l'Antiquité, cette idée est liée à la fiction. (...) Les exemples historiques de créatures artificielles qui échappent à leur créateur sont légion, comme le Golem, au XVI<sup>e</sup> siècle ou, bien plus tard, au XIX<sup>e</sup>, la créature de Frankenstein, imaginée par Mary Shelley, qui menace de détruire l'humanité*, résumait en 2018 Laurence Bertrand Dorléac, professeur d'histoire de l'art à Sciences Po et commissaire d'une exposition au Grand Palais intitulée *Artistes et robots. La principale différence est que l'artiste délègue une partie de ses pouvoirs à des machines, ordinateurs ou robots, à partir de calculs, d'algorithmes. Après tout, au XVIII<sup>e</sup> siècle, [le peintre] Jacques-Louis David déléguait aussi une partie de son travail à ses nombreux élèves dans son atelier. Mais David savait exactement ce qu'il voulait* ».

La nuance est d'importance. Que l'intelligence artificielle intervienne ou pas dans la production de l'œuvre, l'artiste reste « le pilote à bord » du geste créatif, c'est lui qui imagine et commande, alors que la machine agit à sa demande

pour exécuter, prolonger, étendre et multiplier son modèle d'origine. Pour l'heure, aucune machine ne crée seule. L'imagination et le besoin de transcender une expérience sensible, exclusivement humaine, restent le moteur initial de toute production artistique. Qu'il s'agisse d'un roman élaboré sur ChatGPT ou d'un tableau composé avec Midjourney, l'acte fondateur reste la ou les demandes que l'artiste formule à la machine (appelées prompts).

### LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE AU CŒUR DES DÉBATS

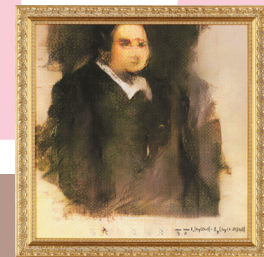
Si une IA crée une œuvre d'art ou une mélodie, à qui appartient le droit d'auteur, en termes de responsabilité et de rémunération? L'IA, le programmeur qui a créé l'IA, l'utilisateur qui a fourni les données initiales, les auteurs des milliards d'œuvres aspirées sur Internet pour nourrir l'algorithme? Les lois actuelles ne fournissent pas de réponses claires à ces questions et aux débats entre différents acteurs de la création. Le vote récent de la loi européenne pourrait apporter des éléments de réponse. La machine reste un outil et seule l'humanité peut en décider les usages.



### HOLLYWOOD EN GRÈVE

Les syndicats des acteurs et des scénaristes d'Hollywood se sont unis pour lutter contre ce qu'ils estiment être les dérives de l'industrie cinématographique, en menant une grève depuis mai 2023. Parmi leurs revendications, les deux corps de métiers veulent aussi des garanties concernant l'usage des IA, pour les empêcher de générer des scripts ou de cloner leurs voix et image... sans autorisation. En effet les IA sont déjà mis en œuvre dans certaines productions : avec le *deaging* (le rajeunissement) d'acteurs comme Harrison Ford ou Arnold Schwarzenegger, l'utilisation de *deepfakes* pour faire apparaître des acteurs décédés ou encore, dans l'univers du doublage avec des films entièrement doublés par IA.

Le 9 novembre, les syndicats ont trouvé un accord avec les grands studios. Il garantit la protection des artistes, leur droit au travail et une rémunération équitable. Dorénavant, un acteur doit recevoir le même salaire pour l'utilisation de sa réplique numérique que celui qu'il aurait gagné en effectuant le travail lui-même. De plus, les studios doivent obtenir son consentement en cas d'utilisation de sa réplique numérique, tout en décrivant la manière dont la réplique sera utilisée.

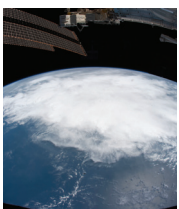


### QUAND L'IA VOLE LA VEDETTE AUX ARTISTES

Le 25 octobre 2018, pour la première fois de l'histoire, un tableau réalisé par une intelligence artificielle est mis aux enchères par Christie's à New York. La toile créée par le collectif français Obvious, intitulée "*Portrait d'Edmond Bellamy*" est adjugée à 432 500 dollars! A la place de la signature habituelle en bas du tableau, il est écrit : « Min (G) max (D) Ex [log (D(x))] + Ez [log(1-D(G(z)))] », soit l'algorithme qui a produit le portrait.

Plus récemment en 2023, lors du concours de photographie Sony World Photography Awards, le lauréat du prix, Boris Eldagsen a refusé sa récompense pour l'œuvre « *Pseudomnesia : The Electrician* », révélant que c'était le produit de l'Intelligence Artificielle.

### 2015 | L'IA AU SERVICE DE LA PLANÈTE



Le programme d'observation de la Terre Copernicus, de l'Union européenne, permet la diffusion d'une grande quantité de données spatiales de bonne qualité et gratuites. Les nouvelles techniques d'intelligence artificielle les utilisent pour anticiper l'impact du réchauffement climatique, par exemple.

### 2020 | CRÉATION DE GPT-3



GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3) est un modèle de langage naturel sophistiqué développé par OpenAI. Il peut produire du texte en se basant sur d'énormes quantités de données et possède plus de 175 milliards de paramètres. Il sert à faire fonctionner plusieurs systèmes comme ChatGPT ou DALL-E.



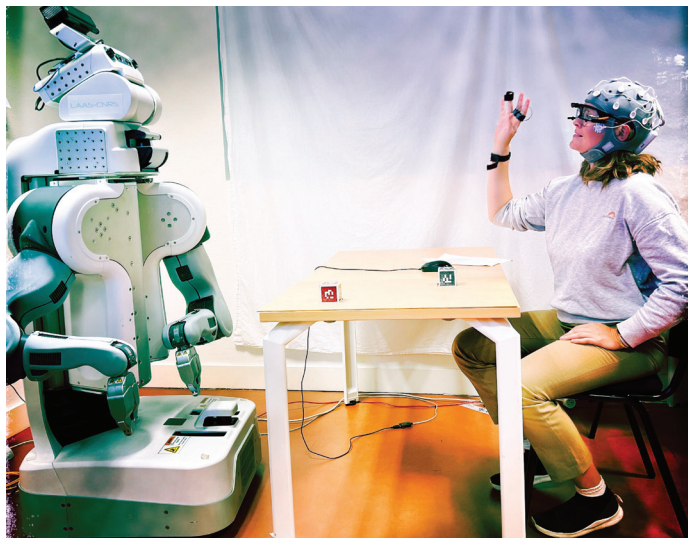
**MARIE VAUZELLE**

est auteure, metteuse en scène et comédienne. Fondatrice de la Compagnie MAB, elle cherche à parler autrement des questions socialement vives de notre monde. Partant de matériaux dramaturgiques, sociologiques et philosophiques, elle s'immerge dans le réel pour travailler à en faire poème. Entre recherche et création, ses spectacles créent une expérience sensorielle non-discursive mais esthétique, un espace mental et onirique où le spectateur est laissé libre de penser.

**SIMON LACROIX**

est chercheur au LAAS/CNRS et responsable de l'équipe « Robotique et InteractionS ». À l'initiative des activités en robotique aérienne du laboratoire, il concentre aujourd'hui ses recherches sur le déploiement d'équipes de robots autonomes hétérogènes. Ses intérêts principaux concernent la perception et la navigation pour des machines terrestres et aériennes, et ont évolué vers les processus décisionnels nécessaires à la coopération au sein de flottes de robots autonomes.

**L'AMBIVALENCE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À LA CROISÉE DES ARTS ET DES SCIENCES.**



Pièce pour une machine, une danseuse et des spectateurs, SonIA est un projet de création qui interroge l'ambivalence de l'intelligence artificielle à la croisée des arts et des sciences. Mené par Marie Vauzelle, ce spectacle met en scène une jeune chercheuse et l'objet de sa thèse : un drone doté d'IA. L'humaine et la machine interagissent, laissant paraître le lien sensible qui les unit. C'est la poésie de la science, de la recherche fondamentale que l'artiste désire transmettre. Pour mieux la saisir, elle a été accueillie au Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) dans l'équipe de Simon Lacroix, directeur de recherche en IA et robotique.

**MV** : L'idée de SonIA a germé lors du Groupe Artistique d'Exploration Scientifique (GAES) en avril 2022 à Toulouse. Rassemblant artistes et chercheurs sur le thème de l'intelligence artificielle, cette conversation entre différents imaginaires m'a fascinée. Loin des fantasmes que génère l'IA, il y a chez les scientifiques un rapport complexe aux machines, à la fois distancié et intime. J'en suis repartie avec l'envie de me pencher sur la relation entre les chercheurs et leur activité de recherche. Cette exploration s'est

poursuivie dans l'équipe dirigée par Simon. Au fil des discussions, nous avons tissé des liens autour du projet.

**SL** : Je me vois comme un facilitateur dans le travail de Marie. J'ai toujours aimé cette conversation qui s'ouvre avec les artistes, leurs questions profondes, parfois déroutantes. Ces occasions de dialogue sont d'une richesse insoupçonnée. SonIA est une création mêlant à la fois danse, théâtre, vidéo, son et robotique. Les deux protagonistes se meuvent dans une volière sous les yeux du public. Ce dernier circule librement autour. Sans s'en rendre compte, il fait également partie de la pièce : le robot capte ses mouvements et ses réactions en direct, puis ces données sont traduites pour générer une vidéo projetée dans l'espace scénique. En plus de l'aspect poétique, se posent ainsi des questions éthiques, esthétiques et techniques qui évoluent à mesure des avancées du projet.

**MV** : On a pu valider les qualités théâtrales du duo artiste-drone lors d'un premier travail de plateau en septembre 2023. Il reste maintenant à concevoir le drone. Initialement, je rêvais qu'on crée un drone intelligent avec le LAAS. Je pense

finalement qu'on utilisera un modèle commercial amélioré, équipé d'une caméra.

**SL** : Nous accompagnerons Marie dans la conception de cette machine. Nous voulons accueillir un stagiaire qui travaillera sur la personnalisation du drone pour la pièce. Née d'un regard artiste sur un laboratoire où l'intelligence artificielle se réalise, SonIA s'est finalement changée en co-création avec les scientifiques qui le composent. Dans cette aventure, les approches se nourrissent l'une l'autre, rappelant qu'arts et sciences ne sont pas si étrangers.

**MV** : Travaillant tous deux pour le public, nous adoptons une démarche semblable d'ouverture aux publics, avec pour vocation de partager nos recherches. Au niveau de nos façons de travailler aussi, je remarque beaucoup de ressemblances : nous posons des hypothèses, nous les éprouvons, de nouvelles questions se posent, modifiant l'hypothèse de départ et le protocole de recherche... C'est un travail sans fin !

**SL** : En effet, nous passons notre vie à chercher : chercher à comprendre et chercher à faire. Deux activités intimement liées, car sans comprendre, on ne fait pas bien et en cherchant à faire, on cherche à comprendre. On ne sait pas bien ce qu'on cherche, mais ce qui est sûr, c'est qu'on ne cherche pas à produire ce qu'on sait déjà faire



CETTE CRÉATION EST SOUTENUE PAR LE QUAI DES SAVOIRS. DÉCOUVREZ-EN LES COULISSES DANS LES CARNETS DE RÉSIDENCE SUR LE SITE DU QUAI DES SAVOIRS.

INTERVIEW



**2022** | OPÉRA MIDJOURNEY



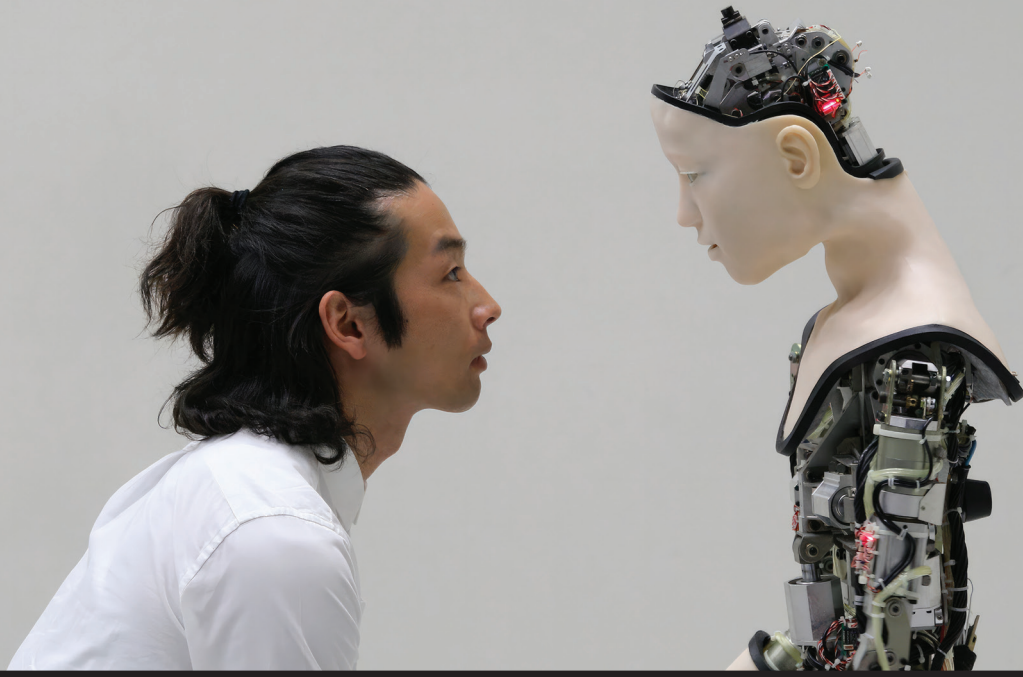
Jason Allen remporte le premier prix d'un concours artistique pour *Théâtre d'Opéra Spatial*. Cette œuvre est générée par Midjourney, un système de génération d'images à partir de textes créés par David Holz et présent sur le réseau social Discord. Si l'autre IA générative DALL-E, d'OpenAI, vise le réalisme dans ses générations d'images, Midjourney vise la beauté esthétique.



**2023** | HEYGEN TRADUCTION



La startup HeyGen propose depuis septembre 2023 un outil permettant de traduire des vidéos dans neuf langues possibles, avec votre propre voix tout en synchronisant le mouvement des lèvres. La simplicité de son utilisation et la qualité du rendu sont impressionnants.



### JUSTINE EMARD

est plasticienne. Dans ses œuvres mêlant art et sciences numériques, elle met en scène des organisations naturelles et artificielles pour interroger les relations humain — machine et, au-delà, notre rapport au monde vivant.

## LES ARTISTES NE SERONT JAMAIS REMPLACÉS PAR UNE IA.

### Pourquoi utiliser des installations artificielles pour explorer le réel?

Je m'intéresse aux technologies de simulation de la réalité depuis 2010, car elles m'aident à repousser les limites de l'image et à démêler le réel. Co-créer avec des systèmes de machine learning me permet de composer avec des interfaces cerveau-machine, des systèmes d'automatisation, des organismes vivants, des formes d'intelligences qui, réunies, disent quelque chose de notre réel. Réfléchir avec une autre forme d'intelligence, artificielle, naturelle, collective nous fait appréhender ce qui nous définit en tant qu'humain. Il est donc important pour moi de m'emparer de ces médiums contemporains avec lesquels je travaille dans une approche à la fois artistique et scientifique permettant de décentrer le regard. *Co(AI)xistence\** met par exemple en scène une intelligence artificielle qui anime un robot humanoïde et un danseur humain dans le but d'observer la communication entre ces deux formes d'intelligences. Je n'ai pas cherché à reproduire le comportement humain, mais au contraire à montrer la machine telle qu'elle est, en la laissant réagir en temps réel aux mouvements du danseur.

### En utilisant ces technologies, ne prenez-vous pas le risque de trop désincarner vos œuvres ou de perdre votre place de créatrice?

Je propose des images interactives où des installations dans lesquelles le spectateur est impliqué par interaction ou projections émotionnelles. Dans *Co(AI)xistence* on peut s'émouvoir ainsi d'une subtile communication gestuelle entre le robot et le danseur, qui s'instaure à travers des mouvements du corps entier jusqu'au bout des doigts. J'ai composé le comportement du logiciel de machine learning de *Co(AI)xistence* de façon à la laisser « rêver » à partir des données captées en temps réel. Avec « Dreamprints », des impressions 3D de rêves réalisées à partir d'enregistrements de l'activité cérébrale pendant mon sommeil, je laisse la gravité influencer l'apparence finale : la matière utilisée est liquide et fait écho à la plasticité du cerveau. Les artistes ne seront jamais remplacés par une IA, car la force conceptuelle de l'œuvre et sa justesse plastique se nourrissent de l'histoire de l'art qui est une construction humaine. Même si on laisse la machine élaborer, c'est l'artiste qui maîtrise la base de données et les algorithmes ainsi que la lumière, les

décors, les images et le son. On peut entraîner une IA sur des fonds d'images, mais c'est le regard humain qui détermine la direction finale et son sens.

### Vous êtes également engagée dans la réflexion juridique et éthique autour des œuvres numériques. Quels sujets portez-vous?

La propriété intellectuelle est bien entendu centrale. L'artiste doit aussi repositionner son travail dans un contexte environnemental, économique et humain (ChatGPT a été entraîné par des ouvriers kenyans payés moins de 2 dollars de l'heure). J'opère avec mes propres données, mes modèles sont personnalisés et je les entraîne sur des serveurs situés en France dont je sais que chaleur sera redistribuée. S'assurer d'une production numérique responsable fait partie de la démarche artistique.

\* *Co(AI)xistence* est présentée au à l'Atrium dans le cadre de l'exposition « IA double Je »



REEL





HÉPHAÏSTOS  
ET DEUX  
SERVANTES D'OR



TERMINATOR,  
ROBOT DE  
COMBAT T-800

# DANS LES IMAGINAIRES DE L'IA

Par Ariel Kyrrou, auteur de *Dans les imaginaires du futur* (Hélios, 2023)

Au VII<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, presque trois millénaires avant la naissance de la discipline scientifique, les imaginaires de l'intelligence artificielle vivent déjà dans l'Iliade, donc au cœur des mythologies de la Grèce antique. Homère y raconte comment Héphaïstos, le dieu forgeron, fabrique des trépieds capables de se déplacer de façon autonome grâce à des roues et à une subtile mécanique pour se mettre au service des autres dieux de l'Olympe. Le poète et conteur décrit également des artefacts de chiens, de chevaux, de taureaux créés par Héphaïstos dans sa grotte de l'île de Lemnos, ainsi et surtout que ses « deux servantes automatiques d'or » qui parlent et qui pensent.

Aux racines mythologiques et fictionnelles de l'intelligence artificielle, il y a un rêve : que la matière inanimée puisse s'animer et devenir en quelque sorte vivante... et intelligente. Dès leur préhistoire, les imaginaires de l'IA semblent indissociables des savoir-faire et avancées techniques de l'humain, que symbolisent les forges du dieu artisan de l'Iliade autant que les automates et les premières machines électriques. Ensuite, à partir du milieu du XX<sup>e</sup> siècle lorsque naissent et se développent les technologies de l'IA dans le sillage de la cybernétique, les échanges entre la science-fiction et les productions de la science et des technologies se multiplient, et ce dans les deux sens.

La première phase des imaginaires de l'IA démarre peut-être avant même Héphaïstos, dans l'Égypte antique : les statues des pharaons défunts y prendraient vie grâce à leur jumeau énergétique, le ka, se transmettant du corps à la glaise. Bien plus tard, entre 1575 et 1600 pour protéger les populations juives des pogroms, apparaît le Golem, géant humanoïde fabriqué à partir d'argile par le grand rabbin de Prague. S'extirpant de la pure mythologie grâce aux mécanismes horlogers mus par des ressorts, les automates font sensation du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle, avec en climax le « canard artificiel en cuivre doré » de l'inventeur et mécanicien Jacques Vaucanson.



LE MONSTRE DE  
FRANKENSTEIN

Moment clé : en 1818 est publié le roman *Frankenstein ou le Prométhée moderne* de Mary Shelley. Le défi de concevoir une créature artificielle quitte les territoires du mythe et de la religion. Il entre dans le domaine de la science grâce

au docteur Frankenstein, savant motivé dans sa création par la soif de connaissances. Le monstre de Frankenstein est certes fabriqué à partir de morceaux de macchabées, mais c'est l'électricité qui lui donne vie. Il ouvre ainsi la porte au robot, dont le terme est inventé en 1920 pour la pièce de théâtre *RUR (Rossum's Universal Robots)* de Karel Capek. Le mot est tiré du tchèque « *Robota* » qui signifie « travail forcé ». À l'instar des bipèdes électroniques de l'écrivain et vulgarisateur scientifique Isaac Asimov une vingtaine d'années plus tard<sup>1</sup>, les robots deviennent nos esclaves... au risque de la rébellion. Mais ce n'est qu'en 1968 que s'installe dans nos imaginaires la première fiction scientifiquement crédible (ou pas loin) d'une IA sans besoin d'un corps robotique ou humanoïde, avec sa pupille rouge figée, sa voix d'aéroport et au final son bug magistral : *Hal 9000*, l'ordinateur du vaisseau spatial du film *2001 L'Odyssée de l'espace* de Stanley Kubrick.

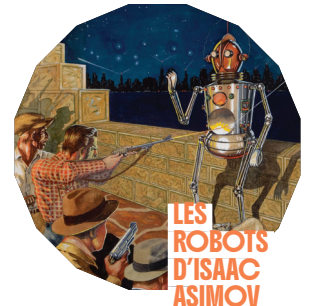


R.U.R. –  
ROSSUM'S  
UNIVERSAL  
ROBOTS

Sur ce socle où *Hal 9000* côtoie *Frankenstein* se construit, depuis une grosse moitié de siècle, le dialogue ininterrompu entre les technologies de l'IA et les œuvres qui en alimentent les rêves ou les cauchemars plus ou moins réalistes. Le créateur d'*Android*, système d'exploitation pour smartphones de Google, est par exemple un passionné de *Blade Runner*<sup>2</sup>. Pour preuve : le 8 janvier 2016, il a envoyé un tweet afin de souhaiter un joyeux anniversaire d'activation à Roy Batty, le plus terrible des androïdes du film. Autre exemple : Elon Musk a pioché dans *La Culture* de l'écrivain Iain M. Banks<sup>3</sup> l'expression *lacet neural* pour le dispositif de sa société Neuralink, dont l'objectif est de connecter directement notre cerveau aux IA. De *Matrix*<sup>4</sup> à *Her*<sup>5</sup>, du cyberpunk de William Gibson<sup>6</sup> au jeu vidéo *Detroit : Become Human*<sup>7</sup> en passant par *Terminator*<sup>8</sup>, la science-fiction contemporaine fourmille d'ancêtres fictifs de *chat GPT* et de *Midjourney*, ou plutôt de ce que ces IA et leurs sœurs pourraient devenir demain.

Enfin, les imaginaires de l'IA s'enrichissent de nouvelles tonalités et adoptent d'autres dimensions critiques quand ils investissent les arts contemporains<sup>9</sup> ou franchissent les frontières de l'Occident, en particulier pour l'Asie où il est envisageable d'apercevoir un robot aux yeux allumés au cœur d'une cérémonie shintoïste. Notre fascination

pour le tout numérique, nos obsessions à réinventer le pire des mythes occidentaux sont désormais mises à distance par des artistes ou autrices<sup>10</sup> aux origines plurielles et influences singulières, qui marient volontiers la technologie à de multiples magies.



LES ROBOTS  
D'ISAAC  
ASIMOV

1. Voir les trois lois de la robotique d'Isaac Asimov dans le Cycle des robots, 1940-1945.
2. *Blade Runner*, film de Ridley Scott, 1982, inspiré du roman *Les Androïdes rêvent-ils de moutons électriques?* de Philip K. Dick, 1968.
3. Cycle de romans de *La Culture* de Ian M. Banks, 1987-2012.
4. *Matrix* des sœurs Wachowski, 1999 pour le premier long métrage.
5. *Her*, film de Spike Jones, 2013.
6. Lire *Le Neuromancien*, roman de William Gibson, 1984, avec Muetdhiver, folle IA d'une multinationale.
7. Produit par Quantic Dream, paru en 2018 sur PlayStation 4.
8. *Terminator*, film de James Cameron, 1984.
9. Du *Dialector* (1988) de Chris Marker à l'installation *Je ressemblerai à ce que vous avez été* (2019) de Grégory Chatonsky, en passant par le film *Attack the Sun* (2019) de Fabien Zocco et Gwendal Sartre, dont des dialogues ont été créés avec une IA.
10. Citons, parmi tant d'autres, Becky Chambers, Li-Cam, NNedi Okorafor et Kitty Steward.

# L'I.A. PEUT-ELLE CRÉER ?

**OÉDRIC VILLANI,**  
mathématicien et homme politique

« Oui, je le crois. Pour démontrer qu'une machine peut faire preuve de créativité, il suffit de considérer la fameuse partie de go entre AlphaGo et Lee Sedol, et le moment ultra-commenté du 37e coup de la deuxième partie, où l'algorithme joue un coup qui n'avait pas été prévu. Les gens ont d'abord cru à une

erreur, Lee a été complètement décontenancé et, a posteriori, on s'est rendu compte que c'était un coup de génie! C'était quelque chose d'inventif, de créatif. Ce n'est pas venu parce que l'algorithme avait une intelligence supérieure à celle de l'humain, c'est venu parce qu'il y a derrière AlphaGo des montagnes d'apprentissage, tout l'arsenal du renforcement. On ne peut pas dire que ce soit une recherche élégante, c'est une débauche d'énergie et de calcul. Mais parmi les humains, il y a aussi des créatifs tâcherons (comme Edison ou Flaubert) qui ont eu besoin de travaux gigantesques pour arriver à leur fin... »



Ecouter le podcast  
du Quai des Savoirs  
"sans réserve/s":  
L'IA au service  
des musées avec  
Marion Garré.



Ce journal a été publié à l'occasion de l'exposition  
« I.A. : Double-je », présentée  
au Quai des Savoirs du 2 février au 3 novembre 2024.

## L'EXPOSITION

### COPRODUCTION

Quai des Savoirs — Direction de la Culture  
Scientifique, Technique et Industrielle — Toulouse  
Métropole et Universcience.

### CONCEPTION ET RÉALISATION

- Commissaire : Laurent Ohioineau
- Chargées de projet : Maja Wasyluk, Marie-Christine Hergault, Astrid Fontaine, Isabelle Guegan
- Muséographie : Mathilde Lacombe, Alexis Pernet, Olémence Soula, Quitterie Le Rey, Caroline Impégnre, Dora Courbon, Magali Fargéas
- Iconographie et lectures : Sandrine Bareille
- Accessibilité : Aline Laplace, Jeanne Artous
- Direction artistique, scénographie : Agence Olémence Farrell

### CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'EXPOSITION

- Serge Abitaboul, Informaticien, Directeur de recherche Inria
- Rachid Alami, Directeur de recherche en robotique cognitive LAAS-CNRS, Chaire ANITI Cognitive and interactive robotics
- Isabelle Astic, Responsable des collections Informatique et Réseau, Conservatoire National des Arts et Métiers
- Emmanuel Baory, Directeur de recherche CNRS en mathématique, Université Paris-Dauphine, Directeur scientifique du Health Data Hub
- Jean-François Bonnefon, Directeur de recherche CNRS en psychologie cognitive, Toulouse School of Economics, ANITI Ohaire Moral AI
- Oéline Castets-Renard, Professeure en droit du numérique, Université d'Ottawa, ANITI Ohaire Law, Accountability and Social Trust in AI
- Yann Ferguson, sociologue, Directeur scientifique du LaborIA d'Inria et Ministère du Travail du Plein Emploi de l'Insertion
- Jean-Gabriel Ganascia, Professeur en informatique et intelligence artificielle à la faculté des sciences de

### Sorbonne Université

- Malik Ghallab, Directeur de recherche émérite au CNRS
- Serge Gratton, Professeur des Universités à Toulouse INP et chercheur à l'IRIT, Directeur Scientifique d'ANITI
- Thierry Ménière, Professeur des Universités en philosophie politique, Université Grenoble Alpes, Responsable de la chaire éthique&IA de l'institut MIAI

### INSTALLATIONS ARTISTIQUES

- Simon Weckert, Google Maps Haaks
- Domestic Data Streamers, Data violence
- Claire Palliser, vidéos Dans les imaginaires de l'IA
- Justine Emard, *Co(a)istance*
- Karin Crona, Quel cliché!
- Ars Electronica, Pix2Pix

### AUTEUR

- Ariel Kyrou, récits *Dans les imaginaires de l'IA*

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES DE L'EXPOSITION

- ANITI, CNRS, INRIA
- AVEC LA PARTICIPATION DE**
- ONES, AFNOR, IUCT, ADEME, INA, Serge FERRARI, AIRBUS

### LE JOURNAL DE L'EXPO

- Direction de la publication : Jean-Luc Moudeno, Maire de Toulouse, Président de Toulouse-Métropole
- Direction éditoriale : Anne Blanquer-Maumont
- Iconographie et coordination éditoriale : Johanne Banchet
- Direction artistique et graphisme : Teddy Bélier
- Conceptions et rédaction encadrés : Hugo Lazerges
- Textes introductifs et article p. 6-7 : Isabelle Fougère / Artem & Cetera
- Interviews : Caroline Oarissoni / Newt Production
- Article « *Les imaginaires de l'IA* » : Ariel Kyrou
- Interview p. 20 : Adèle Naudy,

- Illustrations générées par I.A. — Midjourney : Karin Crona

### Sincères remerciements pour leur contribution au journal :

- Les personnalités interrogées : Thierry Ménière, Serge Abitaboul, Emmanuel Baory, Yann Ferguson, Marie-Laure Denis, Oéline Castets-Renard, Marie Vauzelle, Simon LaCroix, Justine Emard et Oédro Villari.
- Hanna Ahn, Julia Omoachio, Julie Deshusses, Olémentine Mulet, Nathalie Naudi, Axel Rauschenbach, Raquel Rodriguez-Suquet, Josh Schneider, Anne Victor, Lucas Von
- Enfin, et non des moindres, tous les membres des équipes du Quai des Savoirs, du pôle Adex et de la Direction de la Culture Scientifique Technique et Industrielle, sous la direction d'Elodie Pignol, qui contribuent tout au long de l'année à la mise en œuvre des projets.

### CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

#### Frise chronologique (par ordre d'apparition)

- Al-Djazari, COO, Wikimedia Commons; Musée des arts et métiers-ONAM / Photo J-C Wetzel; Margaret Carpenter, Domaine public, Wikimedia Commons; Musée de l'Armée (Rama), CC BY-SA 2.0 FR, Wikimedia Commons ; K. Kempf, Domaine public, Wikimedia Commons ; Turing, Alan Mathison, "Computing machinery and intelligence". In : Mind, Vol. 59, N° 236, pp. 433-60. Edimbourg; Thomas Nelson & Sons, octobre 1950. Avec l'aimable autorisation de Hindman Auctions ; Chuck Painter, Université de Stanford, archives du service de presse. Dept. of Special Collections & University Archives ; National Museum of the U.S. Navy, Domaine public, Wikimedia Commons ; ELIZA conversation, Domaine public, Wikimedia Commons ; Jinho Jung from Seoul, South Korea, CC BY-SA 2.0, Wikimedia Commons ; Thomas Nguyen, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons ; Rama, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons ; Mercedes-Benz Classic ; Robert Cailliau, Domaine public, Wikimedia Commons ; Rob Oros / Anefo, COO, Wikimedia Commons ; Matthew Yoha, CC BY-SA 3.0, Wikimedia

Commons ; Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA Johnson Space Center, Domaine public, Wikimedia Commons ; OpenAI, Domaine public, Wikimedia Commons ; Jason M. Allen Midjourney, Domaine public, Wikimedia Commons ; mindea, Adobe Stock

- Page 2 : Nick Veasey / Science Photo Library / Alamy Banque d'images
- Page 3 : Pictorial Press Ltd / Alamy Banque d'images
- Page 4 : Scharfsinn86 / Adobe Stock; EasyMile\_2023
- Page 5 : Alexa Steinbrück / Better Images of AI / Explainable AI / CC-BY 4.0 ;
- Page 6 : akg-images / ZEPHYR / Science Photo Library
- Page 7 : Karelnope / Adobe Stock
- Page 8 : Negro Elkha, Adobe Stock; Joseph Racknitz, Domaine public, Wikimedia Commons
- Page 13 : Muntaka Chasant, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons; ONES, DDTM11, SDIS11, ONF, INRAE, MétéoFrance; Marion Kaplan / Alamy Banque d'images; Sepia100, Adobe Stock; luchschenF, Adobe Stock
- Page 15 : Lee Thomas / Alamy Banque d'images ; Sansert / Adobe stock; Ekô (anciennement SumOfUs), CC BY 2.0, Wikimedia Commons
- Page 16 : A. Adobe stock; Image by Comuzi / © BBC / Better Images of AI / Mirror D / CC-BY 4.0
- Page 17 : Jezael Melgoza, Unsplash
- Page 19 : Possessed photography, Unsplash; Chris Long, Unsplash; Logiciel d'intelligence artificielle, collectif Obvious, Domaine public, Wikimedia Commons
- Page 20 : Emmanuel Grimault
- Page 21 : ADAGP, Paris, 2023
- Page 22 : akg-images / André Held; akg-images / Stefan Ziese; akg-images / brandstaetter images ; akg-images / UIG / Universal History Archive ; Universl Studios, NBCUniversal, Domaine public, Wikimedia Commons
- Page 23 : Le caillou poulu

Connectés en Normandie

Futur ?



## INFORMATIONS PRATIQUES

L'ATRIUM VOUS ACCUEILLE TOUS LES JOURS :

- ▶ les mercredis, samedis et dimanches, de 14h à 18h
- ▶ les lundis, mardis, jeudis et vendredis, de 9h à 12h et de 13h à 17h

*L'Atrium est fermé les jours fériés.*



Visites guidées et animations pour les scolaires et les groupes sur réservation.



Tarifs et billetterie en ligne. Gratuit le premier dimanche du mois.



## L'ATRIUM

115 BD DE L'EUROPE, ROUEN

> 02 35 89 42 27

> [contact@scienceaction.asso.fr](mailto:contact@scienceaction.asso.fr)

SUIVEZ L'ACTUALITÉ DE SCIENCE ACTION NORMANDIE ▾



[www.atriumnormandie.fr](http://www.atriumnormandie.fr)



@atriumnormandie



@Science Action Normandie



@scienceactionnormandieatrium



Double JE

Disque dur

DESTINATION  
→ IA

TÉLÉCHARGEMENT COMPLET : 69.38/69.38 GiB [100%]

