

prospective

SUR
LE WEB



MÉCONNAISSANCE VISUELLE
Le nouveau système d'IA utilisé par la police de Londres pour identifier les suspects est un fiasco. Il se trompe quatre fois sur cinq, déplore « Forbes ». bit.ly/2YHr6z5

100 gigawatts

VERS L'INFINI ET AU LASER
Le projet Starshot vise à envoyer jusqu'à Alpha du Centaure une mini-fusée grâce à un rayon laser ultrapuissant, détaille la « MIT Technology Review ». bit.ly/2Rldf95

Le comportement des machines

LA
CHRONIQUE
d'Olivier Oullier



Jean-Michel Jarre et Kraftwerk sont souvent cités parmi les pionniers des musiques électroniques. On oublie pourtant qu'ils furent également des précurseurs de la sensibilisation du grand public à des thèmes sociétaux qui sont toujours d'actualité. La peinture de Michel Granger illustrant la pochette du 33 tours « Oxygène », de Jarre, montrait notre planète écorchée vive. Et l'album « The Man-Machine », du groupe allemand, abordait la question des interactions entre les robots et les humains. Et ceci dès la fin des années 1970. Ces deux albums sont la bande-son parfaite d'un article publié dans la revue « Nature » il y a quelques semaines. Il introduit un nouveau champ disciplinaire dont l'objet d'étude est le comportement des machines pourvuées d'intelligence artificielle, de leurs algorithmes, ainsi que de leurs interactions avec les environnements dans lesquels les machines décident, agissent, apprennent, voire créent. Les auteurs, chercheurs issus des secteurs public et privé – parmi lesquels se trouve l'excellent comportementaliste français Jean-François Bonnefon –, indiquent qu'à défaut d'avoir accès aux codes des algorithmes, désormais utilisés dans tous les domaines de nos vies – propriété intellectuelle oblige –, la façon dont les machines se comportent est des plus révélatrices de leur évolution et de leur impact sur nos vies. L'intelligence artificielle n'est plus, dès lors, la seule affaire des ingénieurs et spécialistes de l'informatique mais un animal (presque) comme les autres que la biologie, la physique, la psychologie, les sciences comportementales, l'anthropologie, l'éthologie ou les neurosciences permettent de mieux comprendre. En musique, le débat n'en finit pas : est-ce la musique qui est électronique ou seulement les instruments ? Une chose est sûre, les synthétiseurs, et ceux qui en ont manipulé les oscillateurs et autres filtres, ont créé des sonorités et des harmonies que les instruments traditionnels ne pouvaient générer. Il en est de même avec l'intelligence artificielle : elle peut certes reproduire certains de nos comportements, mais elle en développe de nouveaux, fascinants, que nous devons mieux comprendre.

Olivier Oullier est président de la société de neuro-informatique Emotiv.



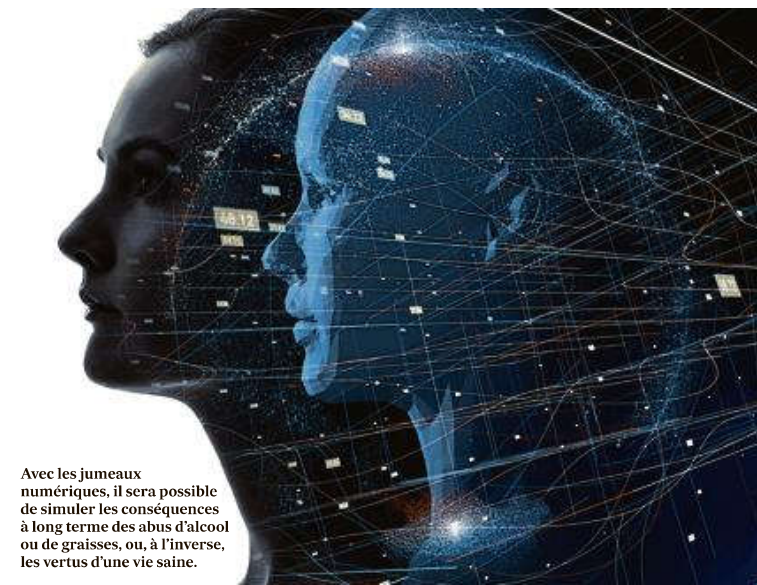
L'ÉTUDE

Hommes et femmes partagés face à l'IA

Les Français affichent des sentiments mitigés face à l'intelligence artificielle. Selon un sondage effectué le mois dernier par le cabinet Occurrence, 57 % des gens interrogés ont une bonne opinion de l'intelligence artificielle (IA), contre 26 % qui en ont une mauvaise image. L'étude montre aussi que 66 % des personnes interrogées jugent que les robots, les automates et les intelligences artificielles « compléteront le travail de l'homme » alors qu'elles ne sont que 27 % à penser que ces machines « remplaceront le travail de l'homme ». Il faut toutefois lire le sondage en détail, car il montre aussi de fortes disparités selon la catégorie socioprofessionnelle, l'âge et, de façon plus inattendue, selon le sexe. « Les femmes et les CSP+ sont plus pessimistes et voient davantage l'IA comme un remplacement de l'homme. A contrario, les hommes et les CSP- la voient comme un complément », dit l'étude. A noter aussi : la santé est franchement en tête des secteurs pour lesquels les Français attendent des progrès. Ainsi, 78 % des sondés parient que l'IA va permettre « des avancées médicales », devant les « déplacements grâce aux transports autonomes » pour 61 %, le « quotidien à la maison » pour 59 % et le « quotidien professionnel » pour 46 %. L'étude a été commanditée par le collectif IA For My People, créé par Inès Leonarduzzi, présidente de Digital For The Planet, et par Pierre-Alain Raphan. Ce dernier, député LREM de l'Essonne, est appelé à reprendre en main les sujets liés à l'intelligence artificielle depuis que Cédric Villani est parti en campagne pour la Mairie de Paris. — Frank Niedercorn

SANTÉ // Les jumeaux numériques promettent de mettre l'anatomie humaine en équation pour évaluer des scénarios thérapeutiques, guider le geste du chirurgien ou tester de nouveaux médicaments. Les premiers cas d'usage sortent des laboratoires.

Le double virtuel du patient, prochaine révolution de la santé



Avec les jumeaux numériques, il sera possible de simuler les conséquences à long terme des abus d'alcool ou de graisses, ou, à l'inverse, les vertus d'une vie saine.

Paul Molga
— Correspondant à Marseille

Tester une prothèse en silico sur un patient virtuel avant de l'implanter sur l'homme. Jean-Noël Albertini, chef du service de chirurgie cardiaque et vasculaire au CHU de Saint-Etienne, en rêve. « Avec le traitement de données massives et l'intelligence artificielle, l'informatique va ouvrir une ère aussi révolutionnaire que la découverte de la pénicilline dans la prise en charge des patients », estime-t-il. Avec les chercheurs de l'Ecole des mines, ce spécialiste teste la reproduction numérique de la pose de stents, ces endoprothèses aortiques qui doivent être placées pour empêcher une rupture d'anévrisme, qui tue 15.000 personnes chaque année en Europe.

Il a fallu huit ans de travail pour parvenir à cette étape, qui a donné lieu à la création de la start-up PrediSurge. Le point crucial a été la création d'un jumeau numérique reproduisant en tout point la mécanique de l'aorte. « Trouver une loi mathématique qui vaille pour toute l'artère a été impossible. Nous l'avons donc découpée en millier d'éléments de quelques dixièmes de millimètres et attribué à chacun une loi de comportement physique qui reproduise notamment la déformation des tissus sous la pression sanguine », explique le chirurgien entrepreneur. Le même travail de caractérisation dû être fait sur les stents, constitués de métal et de textile. Pour finir, ces milliers d'équations ont dû être scénarisées pour simuler la pose et le déploiement de ces endoprothèses sur l'aorte jumelle d'un vrai patient.

Les premiers résultats sont renversants : là où il fallait plusieurs semaines pour ajuster le stent à la bonne taille, sa conception ne prend que deux jours. Il suffit de scanner l'aorte, puis de créer son jumeau digital faisant apparaître l'anévrisme, et d'ajuster enfin le modèle de stent en réglant ses paramètres. L'étape suivante consistera à assister le médecin pendant la pose. « Nous opérons avec une image en deux dimensions fournie par les rayons X, mais les artères y sont invisibles. Pour savoir où en est son geste, le chirurgien doit donc injecter un produit de contraste, fugace et surtout toxique, limitant le nombre d'injections », décrit Jean-Noël Albertini.

La réalité augmentée, sur laquelle travaille PrediSurge, suivra pas à pas l'avancée de la prothèse en calculant en temps réel la déformation de l'artère. Mais il faudra

En chiffres

● **15,6 milliards de dollars**
Le marché des jumeaux numériques en 2023, avec une croissance annuelle moyenne de presque 38 % (source MarketsandMarkets).

● **410 milliards de dollars**
Les sommes qui seront investies en 2022 sur le marché des objets connectés, des logiciels et des services numériques pour la santé (source : Grand View Research).

● **161 millions**
Le nombre d'appareils de santé connectés dans le monde en 2020. La croissance devrait être portée par trois tendances : la hausse de la moyenne d'âge de la population, la prévalence dans certains pays de maladies nécessitant un suivi régulier (diabète...) et la demande croissante de solutions de remise en forme quantifiables (source : Grand View Research).

● **De 2,2 à 3 milliards d'euros**
Le marché français de la santé en 2016. Ce secteur emploie entre 28.000 et 38.000 personnes (source : DGE).

● **60 %**
Le taux de malades chroniques utilisateurs d'applications mobiles de santé qui affirment qu'elles les aident à mieux gérer leurs pathologies (source Le Lab e-Santé).

attendre encore quelques années, car ces simulations sont extrêmement complexes et nécessitent encore plusieurs heures de calcul pour une seule intervention.

De l'usine à l'humain

La simulation numérique n'est pas nouvelle. Depuis des années, l'industrie 4.0 s'appuie sur des jumeaux numériques, « digital twins », pour planifier les activités d'une chaîne de production, concevoir des avions et même des usines clés en main. « Les choses prennent une autre ampleur avec le vivant, car les données anatomiques changent à chaque instant. Il faut des capacités de calcul et des algorithmes très solides, capables d'intégrer de multiples données d'imagerie et de prédiction », résume Baptiste Pierrat, qui travaille sur la simulation chirurgicale assistée à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Mais c'est également sur ce terrain en friche que les analystes fondent le plus gros potentiel de la modélisation car outre le bloc opératoire, le double numérique peut aussi servir à la prédiction d'effet médicamenteux. « Les jumeaux représentent un pas important vers la médecine de précision du futur », explique le professeur François Sigaux, directeur scientifique exécutif de la recherche fondamentale au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Avec eux, les cliniciens vont pouvoir considérer les différences physiques et génétiques faisant de chacun de nous des êtres uniques, qui réagissent inégalement face aux traitements et à leurs effets secondaires. »

Home, smart home

L'habitat des seniors a aussi son jumeau. Associée à la mutuelle Eovi MCD, l'Ecole des mines de Saint-Etienne a construit un appartement témoin, le Med Tech Lab, qui préfigure « le domicile détecteur des signes avant-coureurs de la dépendance », selon son concepteur Vincent Augusto, responsable du département de recherche sur la médecine du futur. Grâce à des capteurs de présence et de déplacement disséminés dans chaque pièce, la moindre « donnée de vie » est enregistrée pour « caractériser le comportement d'une personne fragile dans son environnement de vie ». Evolution de la vitesse de marche, régularité du lever, séquence nutritionnelle, déplacement hors habitat, vie sociale... Une intelligence artificielle analyse ces données pour y repérer les signaux indiquant un changement de comportement et déduit des « statistiques de fragilité », comme la probabilité de faire une chute à domicile dans le prochain trimestre. « Cette analyse permet d'anticiper les risques et de déployer les services nécessaires », explique Guillaume Gardin, directeur de l'innovation chez Eovi MCD, qui compte plus de 60 % de seniors dans sa clientèle. Ce laboratoire sera expérimenté dans une dizaine de vrais foyers en 2020.

Plusieurs jeunes pousses sont dans les starting-blocks pour proposer des solutions dans ce domaine : Novadiscovery, qui élabore des modèles mathématiques pour réaliser des essais cliniques in silico, plus rapides et meilleur marché, et TheraPanacea, un spin-off de l'Inria et de CentraleSupélec qui teste sur des patients numériques l'efficacité de protocole de radiothérapie pour le traitement de cancers. « Notre outil utilise la machine learning [apprentissage automatique, NDLR] pour adapter en temps réel la dose délivrée au patient en fonction des changements anatomiques ou des mouvements des organes pendant les séances d'irradiation », résume son fondateur, Nikos Paragios.

Les grands industriels sont aussi sur les rangs et beaucoup ciblent leurs travaux sur le cœur. Avec des algorithmes très poussés, Siemens Healthineers a ainsi pu mettre au point un outil d'assistance de resynchronisation cardiaque, testé au CHU de Bordeaux. Les cardiologues implantent un pacemaker qui fournit des impulsions électriques pour stimuler les muscles. Mais pour être efficaces, les électrodes doivent être correctement placées sur les ventricules. Avec les IRM et l'électrocardiogramme du patient, les chercheurs ont recréé son cœur virtuel ainsi que ses mouvements. « Les chirurgiens ont pu tester différentes approches in silico la veille de l'opération. Puis, le jour même, les données récupérées en temps réel dans le bloc ont été confrontées au jumeau numérique pour s'assurer que même avec un électrocardiogramme différent, le résultat attendu serait le même, ce qui a été le cas », raconte Tommaso Mansi, directeur de la recherche chargé des travaux sur les thérapies guidées par l'image chez Siemens.

« Les jumeaux représentent un pas important vers la médecine de précision du futur. »

FRANÇOIS SIGAUX
Directeur scientifique exécutif de la recherche fondamentale au CEA

« Avec des algorithmes de plus en plus robustes qui intègrent de plus en plus d'informations, on peut chacun espérer disposer à l'avenir de notre double numérique qui accompagnera toute notre vie pour servir d'anatomie d'évaluation et d'aide à la décision pour nous maintenir en bonne santé », poursuit-il. Avec ce jumeau corps entier, il sera possible de simuler les conséquences à long terme de abus d'alcool ou de graisses, ou les vertus d'une vie saine, avec moins d'excès et davantage d'activité physique. Des incitations plus efficaces que n'importe quelle campagne de prévention pour donner plus de chances à nos existences réelles... ■