



● **Le dossier** | COMMENT NOUS VIVRONS EN 2035

# Santé Les cinq révolutions qui vont tout changer

Avancées technologiques, succès de la recherche...  
Le secteur de la médecine devrait bénéficier de prodigieux progrès dans les dix prochaines années.

**A** l'orée des années 2000, le livre «La Maladie de Sachs» relatait le quotidien d'un médecin de campagne isolé face à ses patients. Qu'écrirait son auteur, Martin Winckler, en 2035 ? Remisé, le stéthoscope; place au numérique! Le docteur Sachs utilise désormais l'IA pour scruter les symptômes, ausculter les données et établir ses diagnostics. Les algorithmes l'aident à passer des messages de prévention personnalisés. La médecine entre dans une nouvelle ère. Démonstration avec cinq révolutions médicales.

● **LE CASQUE ANTIDOULEUR**

Ne plus passer en salle de réveil après une opération chirurgicale... Non, ce n'est pas une histoire à dormir debout. Les casques de réalité virtuelle sont en passe de remplacer les produits chimiques dans de nombreuses petites opérations (extraction de dent de sagesse, biopsie, ponction...).

## LA SUPRÉMATIE DES ROBOTS CHIRURGIENS

➔ Ce n'est plus de la science-fiction. En janvier 2022, à l'université américaine Johns Hopkins de Baltimore, un robot a réalisé avec succès la première opération chirurgicale... sans intervention humaine. Le robot Star (Smart Tissue Autonomous Robot) est parvenu à raccorder sous coelioscopie deux portions d'intestin de porc. Un acte délicat sur des tissus mous, au cours duquel le robot s'est montré d'une extrême précision, grâce notamment à des outils de suture spécialisés et à une imagerie de pointe. «Notre système surpasse la technique manuelle des chirurgiens experts et la technique de la chirurgie assistée par robot en termes de cohérence et de précision», ont conclu les auteurs de cette avancée dans «Science Robotics». Cette prouesse ouvre bien des perspectives. Expérimentés depuis une quarantaine d'années, les robots sont aujourd'hui utilisés comme assistants opératoires. Ceux de la société Da Vinci – leader sur le marché – sont présents depuis vingt ans dans les blocs, et il y en avait 5 500 en fonctionnement dans les hôpitaux du monde entier

en 2021. Ne tremblant pas et amenés à gagner en autonomie, les robots seront à l'avenir en mesure d'opérer sans intervention humaine. Ce n'est plus qu'une question de temps. «Oui, les robots pourront à terme remplacer la main et le cerveau du chirurgien, affirme le professeur Patrick Nataf, chef du service de chirurgie cardiaque à l'hôpital Bichat (AP-HP). Aujourd'hui, ils sont capables de réaliser les gestes les plus simples: faire un point avec une aiguille, nouer un fil. A l'avenir, ils pourront réaliser une séquence de gestes, et les voir mener des opérations complexes en chirurgie cardiaque est envisageable.» Avant cela, ils devront se nourrir des millions d'interventions enregistrées en 3D et retranscrites en algorithmes pour être capables d'établir une stratégie pendant l'opération et de réagir aux imprévus. «Un jour, peut-être, un robot pourra faire une appendicectomie dans l'espace», anticipe le professeur Jacques Hubert, chef du service urologie au CHU de Nancy, utilisateur depuis plus de vingt ans de l'un des premiers Da Vinci installés en France.



**Robot de dernière génération**, le Star a prouvé l'an dernier qu'une opération sans intervention humaine était possible. Il a ouvert la voie à une chirurgie entièrement automatisée dans un futur proche.

Plusieurs études ont démontré que ces outils permettent de réduire l'anxiété et la douleur. C'est le cas du casque Bliss DTx, dispositif médical élaboré il y a huit ans par Butterfly Therapeutics. Cet objet numérique, aujourd'hui utilisé en solution de sédation en bloc opératoire pour des interventions ne nécessitant pas d'anesthésie générale, pourrait se démocratiser.

Comment ça marche ? Le casque de réalité virtuelle diffuse des images en 3D et du son pour conduire le patient dans un état proche de la méditation et de l'hypnose. Plongé dans cet univers fictif, le malade est moins anxieux et ressent moins la douleur. «Endormir profondément une personne, avec plusieurs produits dont le Meopa, a un impact sur le temps passé au bloc et en salle de réveil, explique Etienne Lepoutre, CEO de Bliss DTx. Or on peut faire sans chimie et éviter la salle de réveil, passer moins de temps à l'hôpital et avec un meilleur confort; le patient y gagne, le chirurgien y gagne et l'hôpital y gagne.»

Une réorganisation du parcours opératoire avec une moindre sollicitation des

équipes en période de forte tension d'effectifs et d'engorgement des hôpitaux serait économique mais aussi écologique. «Une dizaine de millions d'actes pourraient être réalisés sans Meopa ni gaz anesthésiants : les casques de réalité virtuelle participent de la révolution ambulatoire (on se fait opérer dans la journée, sans passer la nuit à l'hôpital, NDLR)», avance Etienne Lepoutre.

Une centaine d'établissements français utilisent déjà Bliss DTx. C'est le cas de la Clinique de l'Anjou, à Angers (49). «Pour démarrer une chimiothérapie, il faut poser une chambre implantable (un petit boîtier sous la peau, NDLR) relié à un cathéter. C'est un geste angoissant pour le patient. Pour cela, je lui propose l'utilisation du casque Bliss avec une perfusion et un monitoring classique. Et s'il a mal, on augmente l'analgésique. Dans 80% des cas, le patient arrive debout et repart debout», indique le chirurgien général et oncologue Nicolas Paillocher.

L'ambulatoire représente aujourd'hui environ 50% de l'activité chirurgicale des hôpitaux publics, selon un bilan du ministère

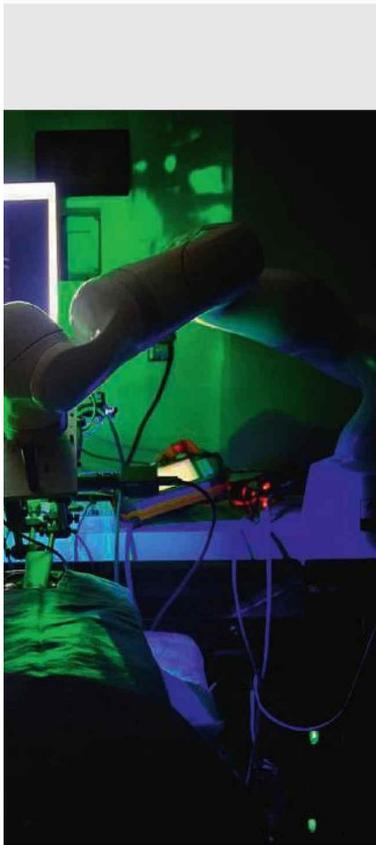
de la Santé (pour deux tiers dans le privé). «Une des clés de l'hôpital du futur, c'est de réduire la sédation médicamenteuse grâce à la sédation numérique et de développer la prise en charge en ambulatoire», veut croire Etienne Lepoutre.

### LE DIAGNOSTIC PAR L'IA

ChatGPT remplacera-t-il un jour les médecins ? La question peut sembler saugrenue, quoique... Le modèle de langage développé par OpenAI impressionne le monde de la santé. Invité à répondre à des questions de patients posées en ligne sur un forum, l'agent conversationnel a été jugé par un panel d'experts plus pertinent et empathique que des médecins. L'intelligence artificielle (IA) bouscule aussi l'imagerie médicale et a un impact considérable en oncologie ou en dermatologie pour détecter des lésions qu'un être humain pourrait ne pas déceler. En cardiologie, l'IA peut réaliser une analyse automatisée des électrocardiogrammes. Et ce n'est qu'un début ! «La création de systèmes d'intelligence artificielle entraînés à partir de bases de données massives détaillées, intégrant un grand nombre de paramètres, va accélérer le dépistage et le diagnostic des patients. Et aussi optimiser et personnaliser leur traitement, afin d'augmenter les chances de guérison», prédit le professeur Jean-Emmanuel Bibault, cancérologue et radiothérapeute à l'hôpital européen Georges-Pompidou (AP-HP), dans «2041: l'odyssée de la médecine. Comment l'intelligence artificielle bouleverse la médecine» (Ed. Equateurs).

La santé bénéficie du «machine learning», technique permettant aux ordinateurs d'accroître leur capacité d'analyse des données. «De plus en plus d'algorithmes vont prendre en compte les habitudes de vie, l'alimentation, l'activité physique et la fréquence cardiaque, et cela permettra de générer des messages de prévention personnalisés», anticipe le professeur Pascal Pujol, président de la Société française de médecine prédictive et personnalisée : 40% des 380 000 nouveaux cancers diagnostiqués chaque année pourraient être évités, et ce généticien au CHU de Montpellier est persuadé que l'intelligence artificielle peut aider à cela. «Elle permettra un meilleur suivi des diabètes et des maladies cardiovasculaires, mais elle sera aussi capable de sélectionner l'embryon adéquat lors des fécondations in vitro», affirme le professeur Pujol.

Pour l'heure, l'homme garde la main sur l'IA. Le Parlement européen s'en est assuré en adoptant le 14 juin dernier l'IA Act, une réglementation amenée à entrer en vigueur d'ici deux ans dans les pays de l'Union, et qui prévoit le principe d'une supervision



PHOTOS: MAX AGUILERA HELLWEG, JIAWEI GE

**C'est sur des intestins** de porc que le robot Star perfectionne l'apprentissage de sa technique, sous la direction d'Axel Krieger, professeur adjoint de génie mécanique à l'université américaine Johns Hopkins.

## L'intelligence artificielle bouscule aussi l'imagerie médicale

**Foie, cœur, poumons**  
Pour l'instant, le travail porte sur le foie. Mais, à terme, seront également dupliques d'autres organes, comme le cerveau, le cœur ou les poumons.

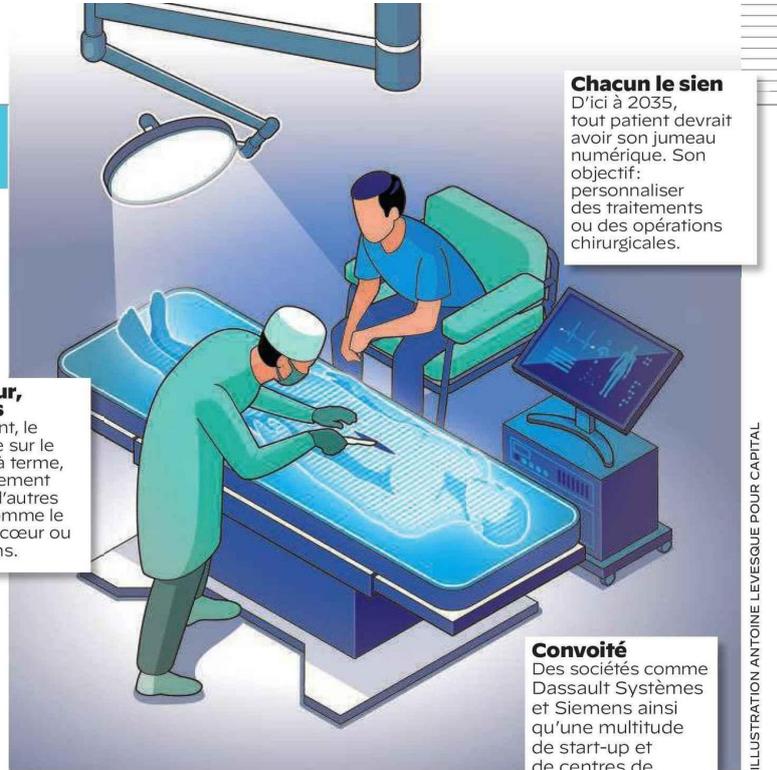
humaine. Mais le professeur Bibault est persuadé que, à terme, cela aussi évoluera. «Lorsque les performances de l'intelligence artificielle auront très largement dépassé celles de l'humain, le concept même d'une validation ou d'une vérification par un médecin n'aura plus aucun sens», assène le cancérologue.

### L'ARN MESSAGER CONTRE LE CANCER

Ils ont été des piliers de la lutte face au Covid. Ils pourraient devenir l'arme numéro 1 contre les cancers. Les vaccins à ARN messenger font naître bien des espoirs. De récentes études laissent présager des avancées significatives contre les cancers du pancréas, mais aussi les mélanomes, grâce à l'activation du système immunitaire par vaccination à l'ARN.

Les résultats d'une étude publiée début mai dans la revue «Nature», reposant sur une approche vaccinale personnalisée contre le cancer du pancréas, développée par BioNTech et Roche, ont montré que huit des seize patients ayant subi une intervention chirurgicale pour enlever leur tumeur, qui étaient sous chimiothérapie et à qui on avait administré le cocktail d'ARN vaccinal associé à une immunothérapie anti-PD1, avaient eu une réaction immunitaire forte et durable, leur évitant une rechute. Ce résultat permet d'espérer l'amélioration du pronostic de survie pour les patients atteints d'un cancer du pancréas, qui n'était que de 39% à un an et de 11% à cinq ans pour les cas diagnostiqués en 2010-2015, selon Santé publique France.

«Nous estimons qu'un traitement contre le cancer ou la possibilité de changer la vie des patients qui en sont atteints est à notre portée», a récemment affirmé à BBC News la professeure Ozlem Tureci, cofondatrice de BioNTech. La recherche bat son plein. BioNTech et Moderna, mais aussi



**Chacun le sien**  
D'ici à 2035, tout patient devrait avoir son jumeau numérique. Son objectif : personnaliser des traitements ou des opérations chirurgicales.

**Convoité**  
Des sociétés comme Dassault Systèmes et Siemens ainsi qu'une multitude de start-up et de centres de recherche ont déjà investi ce créneau.

## LES PROMESSES DU JUMEAU NUMÉRIQUE

➔ Dans dix ans, tout patient disposera de son jumeau numérique. Et la médecine devrait faire un bond de géant. Dassault Systèmes ou Siemens, ainsi qu'un grand nombre de start-up et de centres de recherche, ont investi ce créneau. «Ce jumeau est une représentation numérique suffisamment fidèle d'un patient pour être prédictive de l'évolution de son état en cas de maladie ou lors d'un traitement», analyse Irène Vignon-Clementel, directrice de recherche à l'Inria (Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique). Depuis 2021, elle essaie de construire des jumeaux virtuels du foie pour prédire les conséquences des ablations de tumeurs. Jusqu'à présent, ces modèles sont utilisés pour comprendre a posteriori les changements de flux sanguins provoqués par les opérations. «Mais, d'ici à dix ans, ils pourront être utilisés pour planifier ces dernières», assure la chercheuse. Outre nos connaissances sur le foie, les jumeaux numériques nous permettront de décupler celles sur le cœur, le cerveau et le poumon. «Ils auront un rôle majeur pour établir des diagnostics et pour personnaliser des traitements ou les opérations chirurgicales», conclut Irène Vignon-Clementel.

Transgene à Strasbourg ou Genentech aux Etats-Unis, ont tous des projets sur le sujet.

Si l'étude parue dans «Nature» n'a porté que sur un faible effectif de patients, elle n'en demeure pas moins très instructive. «Ces résultats sont spectaculaires, estime le professeur Jean-Yves Blay, oncologue, directeur du centre Léon-Bérard à Lyon et président d'Unicancer. Cette étude montre que les vaccins ont évité le risque de récurrence à dix-huit mois. C'est l'une des pistes majeures pour les prochaines années.» Dans une seconde étude menée aux Etats-Unis et en Australie, et dont les résultats ont été présentés il y a deux mois au célèbre congrès de l'Asco (l'association américaine de recherche contre le cancer),

les patients souffrant de mélanomes avancés voire métastatiques ont vu le risque de récurrence réduit de 44% deux ans après une vaccination à l'ARN messenger en association avec une immunothérapie anti-PD1. L'idée est de développer des vaccins personnalisés après biopsie de la tumeur et prise de sang pour identifier les éléments caractéristiques. Les résultats des vaccins à ARN messenger ont été favorables pour ces deux cancers très différents (pancréas et mélanome). «Cela laisse penser que les vaccins à ARN peuvent être indiqués pour la prévention des rechutes dans plusieurs autres cancers», analyse le professeur Blay. Vivement demain!

**CHRISTOPHE GATTUSO**

ILLUSTRATION ANTOINE LEVESQUE POUR CAPITAL