

SUR
LE WEB

ET MAINTENANT, LA BAIDU CAR
Comme Google, le moteur de recherche chinois développe une voiture autonome, à découvrir dans la « MIT Tech Review », <http://bit.ly/1Z0kG8D>



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À BUT NON LUCRATIF
Soutenu par Elon Musk, OpenAI développe l'intelligence artificielle « pour le bénéfice de l'humanité », <http://openai.com>

prospectives

Démocratie
et reproduction

LA
CHRONIQUE
de Hugues de Jouvenel



La qualité d'une démocratie dépend fortement de la capacité des institutions, et particulièrement de l'école, à permettre aux élèves les plus méritants, quelle que soit leur origine sociale, d'accéder aux plus hautes responsabilités, notamment dans la gestion des affaires publiques. Or, en France, le déterminisme social entrave le nécessaire renouvellement des élites. Le niveau d'éducation est étroitement corrélé à l'accès à l'emploi, aux revenus du travail, à la richesse et au bien-être des individus. L'élévation du niveau de formation de génération en génération, dite « mobilité ascendante », est donc déterminante. Or si elle est, selon l'OCDE (« Regard sur l'éducation 2014 »), particulièrement élevée en Corée, en Russie et en Finlande, il n'en va pas de même dans tous les pays, notamment en France. Les enquêtes Pisa (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) de l'OCDE permettent d'apprécier le pourcentage d'élèves issus d'un milieu socio-économique modeste qui obtiennent un haut niveau de performances. Leur proportion s'élevait en moyenne, dans les pays de l'OCDE, à 6,2 % entre 2003 et 2012. Alors que ce chiffre était de 7,4 % en France en 2002, il est depuis tombé à 4,9 % ! Notre pays serait ainsi celui où le déterminisme social serait le plus fort des 65 pays où l'enquête est menée, et la situation ne cesse de se dégrader. Manifestement, l'école ne corrige plus les inégalités liées à l'origine sociale des élèves et il est vraisemblable que celles-ci se perpétuent durant leur vie active, d'où le fameux « plafond de verre » qui fait obstacle à la promotion aux plus hautes fonctions des personnes d'origine modeste. Or le bon fonctionnement d'une démocratie se mesure notamment au regard du nombre de laissés-pour-compte, ainsi qu'à l'aune de la mobilité sociale, qui elle-même joue indéniablement un rôle dans la confiance accordée aux dirigeants, notamment politiques. Le capital humain est la principale richesse des nations comme des entreprises. Il est donc regrettable qu'on le gaspille plutôt que de le développer, comme on en aurait tant besoin pour relever les défis du futur.

Hugues de Jouvenel est président de Futuribles International.

L'INVENTION

Des écoles flottantes pour les bidonvilles

Prenez un container standard, comme on en voit sur les navires marchands. Ajoutez-y des panneaux solaires, des ordinateurs tactiles intégrés aux murs et des bancs. Posez le tout sur une barge flottante constituée de 15.000 bouteilles en plastique de récupération. Vous obtenez la salle de classe flottante « low cost » imaginée par Koen Olthuis, fondateur du cabinet néerlandais Waterstudio.NL. Après avoir développé des villas flottantes pour des clients fortunés aux Pays-Bas ou pour un hôtel aux Maldives, le jeune architecte a cherché à adapter son savoir-faire aux bidonvilles situés près de l'eau. « Les bidonvilles manquent d'espace et ni les pouvoirs publics locaux ni les habitants ne veulent investir dans des bâtiments dont la propriété est incertaine », indique Koen Olthuis. D'où l'idée de proposer des infrastructures peu coûteuses, flottantes et pouvant donc être déplacées facilement. « Un premier container fabriqué aux Pays-Bas doit être expédié à Dacca (Bangladesh). Innovante dans sa construction, l'école inventée par Waterstudio l'est aussi par son modèle économique : loué à bas prix à des entrepreneurs locaux, chaque module se convertit en cybercafé le soir afin d'assurer sa rentabilité. — Benoit Georges

MÉDECINE // Déjà utilisée en dentisterie, la fabrication additive devrait bousculer le secteur des prothèses et implants. Même les chirurgiens s'y intéressent pour mieux préparer les interventions.

L'impression 3D s'implante dans la santé

Trois innovations prometteuses



Une main de super-héros
Fabriquées par les bénévoles de l'association e-Nable, ces prothèses sont destinées à des enfants atteints d'une malformation congénitale. Produites à partir d'une trentaine d'éléments imprimés, elles ont un coût de production très faible puisqu'elles n'incorporent aucun élément électrique ou électronique. Les enfants choisissent souvent des motifs et des couleurs faisant référence au monde des super-héros. L'appareil ne permet d'exécuter que des mouvements limités : c'est la flexion du poignet qui permet aux doigts de se refermer, grâce à un système d'élastiques.



Une maquette pour préparer l'opération
Cette maquette en résine translucide, reproduisant à l'identique le rein malade du patient, est fabriquée à partir des données de l'imagerie médicale afin d'aider le chirurgien à préparer son opération. « Le scanner fournit des images en 2D. Même avec les logiciels de modélisation qui représentent l'organe en volume, cela reste virtuel et incomplet. Avec cet objet qui reproduit les vaisseaux et les voies excrétrices, la planification de l'intervention est bien plus fine », explique Jean-Christophe Bernhard, chirurgien urologue au CHU de Bordeaux, à l'origine du projet.



Un implant crânien en céramique
En 2005, le CHU de Limoges réalisait la première greffe d'un implant crânien imprimé en céramique. Une trentaine de patients ont été opérés depuis. Plus coûteuse que les matériaux polymères, la céramique a de nombreux avantages puisqu'elle permet, dans une certaine limite, la repousse osseuse. Et si elle est moins solide que le titane, elle ne pose pas de problème thermique. « Un implant en métal peut donner au patient une impression de froid ou de chaud en fonction de la température », note Christophe Chapat, le président de 3DCeram.

Frank Niedercorn
fniedercorn@lesechos.fr

Après l'industrie, l'impression 3D donne le tournis au monde de la santé. « La fabrication additive constitue un enjeu majeur dans l'évolution vers la médecine personnalisée », résume Vincent Genet, directeur de l'activité santé au sein du cabinet de conseil Alcedim. Tout comme l'on commence à individualiser les traitements en fonction du profil biologique ou génétique du patient, on fabriquera bientôt des dispositifs médicaux sur mesure – les spécialistes de la santé parlent de « patient spécifique ». « Le changement, c'est moins la fabrication à façon que de pouvoir produire en temps réel, à proximité de l'hôpital. Cela reverse la chaîne de valeur de l'industrie et pourrait induire, comme dans d'autres secteurs, un risque de désintermédiation », prédit Vincent Genet.

Certains secteurs, comme ceux des prothèses dentaires ou des appareils auditifs, sont déjà prêts. Celui des semelles orthopédiques devrait suivre sous peu. Même les chirurgiens commencent à s'y intéresser. Pas pour imprimer des organes implantables, ce qui devrait demander encore des dizaines d'années de recherche, mais pour reproduire l'organe à opérer sous forme de maquette très fidèle. Cela permet au chirurgien de planifier plus précisément son opération. C'est aussi un bon support de communication entre le médecin et son patient. « Une étude montre que la compréhension par le patient de son propre cas est bien meilleure avec la maquette sous les yeux. C'est essentiel pour qu'il soit acteur de sa prise en charge, avec une souffrance moindre et une réhabilitation plus rapide », insiste Jean-Christophe Bernhard, chirurgien urologue au CHU de Bordeaux.

Une pratique nouvelle mais appelée à se développer, avec des organes reproduits si fidèlement qu'ils permettront au chirurgien de s'entraîner avant l'opération ou de se former à des pathologies rares. Toute la difficulté est de produire des matériaux synthétiques imitant les tissus humains. La start-up parisienne Biomodex, soutenue par Dassault Systèmes, a ainsi développé une maquette de simulation chirurgicale permettant d'envisager la formation des étu-

En chiffres

- Le marché médical de l'impression 3D (imprimantes, consommables et services) est estimé à 490 millions de dollars, soit 12 % du marché total. Il grimperait à 2,13 milliards de dollars en 2020, selon Wohlers Report.

- Des chiffres peut-être sous-évalués au regard de l'importance que l'impression 3D va prendre dans le secteur des dispositifs médicaux, dont le marché s'est élevé à 361 milliards de dollars l'an dernier et ne cesse de croître.

- En France, plus de 150.000 prothèses de hanche sont posées chaque année.

- Aux Etats-Unis, 70 dispositifs médicaux produits par fabrication additive sont déjà autorisés.

- A l'avenir, il faudra aussi compter avec l'impression de tissus humains. Celle-ci pourrait prendre une partie du marché de l'ingénierie tissulaire, déjà évalué à 15 milliards de dollars en 2014 et qui devrait doubler d'ici à 2018, selon MedMarket Diligence.

dants en évitant l'utilisation d'animaux ou de cadavres. « Nous pensons que nos maquettes entreront dans le cycle de formation des chirurgiens en pédiatrie », affirme Thomas Marchand, cofondateur de Biomodex.

Les patients sont aussi concernés au premier chef. Les quelque 2.000 « makers » du réseau d'origine américaine e-Nable mettent ainsi leur savoir-faire en matière d'impression 3D au service de patients pour leur fabriquer une main artificielle à partir de plans « open source ». Le réseau prend de l'ampleur. « J'étais l'an dernier le seul membre français, sans aucune demande venant de notre pays. Nous sommes aujourd'hui 5 "makers" et avons déjà une soixantaine de demandes », explique Thierry Oquidam, représentant français d'e-Nable.

Certains vont plus loin et conçoivent des mains beaucoup plus élaborées. A l'image de Nicolas Huchet. Ce Français, classé parmi les 35 innovateurs de moins de 35 ans par la « MIT Technology Review », a fabriqué sa propre main bionique « open source », Bio-nico. Des capteurs musculaires électriques posés sur l'avant-bras permettent d'actionner la main. Nicolas Huchet a travaillé en réseau, à partir de codes informatiques et de plans réalisés par d'autres. Notamment par Gaël Langevin, un designer passionné par ces nouvelles possibilités, qui a développé un projet de robot imprimé, InMoov : « L'impression 3D, le monde "open source" et la possibilité d'acheter facilement des composants sur Internet ont tout changé. »

Des exosquelettes personnalisés
L'impression 3D promet aussi de révolutionner la fabrication des exosquelettes, explique Serge Grygorowicz, fondateur de RB3D, société pionnière du secteur : « C'est important pour les applications médicales des exosquelettes. En personnalisant les pièces en contact avec le patient, on réduit la pression et, du même coup, les risques de nécrose des tissus. » L'impression 3D pénètre aussi à l'intérieur du corps humain. D'abord pour des ustensiles techniques et indispensables aux chirurgiens, comme des guides de coupe utilisés durant les opérations – un marché qui se compte déjà en milliers de pièces. Puis avec des implants dans des domaines bien spécifiques (colonne vertébrale, trachée, chirurgie maxillo-faciale...). La technologie permet

aujourd'hui d'imprimer des implants en titane, en céramique ou en polymères. Jadis exceptionnelles, ces opérations deviennent plus courantes. « Suite au contrat que nous venons de signer avec un distributeur, nous devrions fabriquer à partir de 2016 un minimum de 20 implants par an », explique Christophe Chapat, président de 3DCeram, qui fabrique les implants crâniens en céramique utilisés depuis dix ans au CHU de Limoges.

L'étape suivante verra l'association d'implants céramiques imprimés avec des cellules issues du patient.

« Aujourd'hui, un chirurgien pioche dans un catalogue d'implants existants. Demain, il deviendra concepteur. Une fois validé, le fichier numérique partira chez le producteur », imagine Bruno Davier, du Cetim, un centre de ressources assurant une veille et du conseil pour les PME de la mécanique. Cela demandera une évolution des réglementations, même si les directives européennes prennent déjà en compte ces dispositifs médicaux fabriqués sur mesure.

Ceux qui imaginent l'impression 3D présente partout risquent pourtant d'être déçus. Les dizaines de milliers de prothèses de hanche posées chaque année en France, par exemple, ne seront pas fabriquées par impression 3D. « Il faut se poser la question du rapport bénéfice-risque. Et l'innovation vaut la peine dès lors qu'elle apporte un bénéfice très supérieur à un dispositif médical standard », explique Marlène Durand, médecin coordonnateur du Centre d'investigation clinique-Innovation technologique (CIC-IT) de Bordeaux. L'étape suivante verra l'association d'implants céramiques imprimés avec des cellules issues du patient. « C'est la grande promesse de l'ingénierie tissulaire, qui permettra de faciliter la repousse osseuse, délicate dès lors qu'il y faut faire repousser plusieurs dizaines de millimètres d'os. Le fait de travailler avec des cellules posera toutefois le problème de la réglementation », prédit Jérôme Chevalier, professeur à l'Insa Lyon, qui a reçu la médaille de l'Innovation du CNRS en juin dernier. ■