

Faut-il avoir peur des robots-dentistes ?

Should we be afraid of robot dentists?

Comme le prologue d'un film de science-fiction, la vidéo¹ diffusée par la chaîne chinoise CGTN débute par la mention « Xi'an City, China. Sept. 16, 2017 ». Le bras articulé du premier robot-dentiste de l'histoire effectue ses lents mouvements, tout en contrôle, dans la bouche d'une patiente maintenue sous anesthésie générale. Puis des mains humaines, aux gestes plus saccadés, posent une fraise dentaire sur une turbine. Un praticien du département de stomatologie de l'hôpital militaire de Xian fournit ensuite des explications sur la technologie, ou plutôt les technologies, qui ont permis la réalisation de cette prouesse : la pose d'implants dentaires par un robot autonome. Le secteur dentaire est depuis partagé entre l'incrédulité, l'engouement, le déni et le *bashing*. Pourtant, l'évidence est là. Dans la majorité des lignes de montage, sur les divers sites de production industrielle, partout dans le monde, des robots ont de longue date remplacé les ouvriers. Les systèmes de pilotage automatique des avions ont fait voyager plus de touristes que tous les aviateurs du monde réunis, et le programme informatique Alpha Go développé par Google DeepMind écrase régulièrement les meilleurs joueurs de go de la planète. Depuis leur mise en circulation dans les années 2000, les robots Da Vinci ont réalisé près de 20 000 opérations chirurgicales sur le territoire national (en urologie, gynécologie et même une ablation du sein sans cicatrice en 2016), tandis que des lasers robotisés pratiquent quotidiennement des surfaçages cornéens (pour traiter la myopie). Le pays des dentistes allait-il être épargné ? Loin s'en faut, comme le prouve l'autorisation en mars dernier par la très puissante Food and Drug Administration américaine de l'utilisation du robot-dentiste Yomi, commercialisé par la société Neocis Inc. La dentisterie vient de signer son entrée dans l'ère de la robotisation. Mais derrière cette promesse de révolution technologique se cache peut-être aussi un symbole. Celui d'un parcours initiatique destiné à conduire les professionnels du dentaire vers la prise de conscience d'une mutation de leurs métiers, et sans doute de leurs prérogatives futures.

Revenons à cette vidéo qui a fait le tour du monde. Le robot-dentiste, c'est essentiellement un bras robotisé de haute précision mis au point par l'institut de robotique de l'université Beihang, connecté à différents capteurs et caméras miniatures, ainsi qu'à un système de navigation de type GPS lui permettant de se représenter son environnement proche. Cette dimension « stéréotaxique » (du grec *stereos*, solide, et – *taxis*, arrangement, ordre) débute par un scan tomographique 3D générant un modèle numérique précis des volumes osseux et tissulaires du patient dans les trois plans de l'espace. Des coordonnées sont attribuées permettant au robot de planifier les mouvements et les trajets du bras mécanique (orientation, profondeur, déplacement latéral) à l'intérieur de la cavité buccale du patient, tout en les ajustant à ses balancements de tête (selon un procédé de *tracking*). L'opération, qui a duré une heure, s'est soldée par la pose réussie de deux implants dentaires (sans avoir eu besoin d'un guide chirurgical en matériau biocompatible, nécessitant du temps de préparation, et sans excéder une marge d'erreur d'environ 0,2-0,3 mm, comprise dans les standards requis dans ce genre d'intervention). Les prothèses provisoires ont quant à elle été créées par impression 3D, une autre technologie de pointe. A aucun moment, l'intervention n'a nécessité le téléguidage du bras motorisé par un chirurgien-dentiste, le bras a travaillé de manière parfaitement autonome, sans manipulation à distance, sans

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=6bXnBto0NN0>

joystick, en contrôlant et en contraignant lui-même ses mouvements. En ce sens, ce robot-dentiste ne constitue pas un prolongement de la main humaine, il n'est pas non plus un « majordome » du praticien, encore moins un simple automate de surveillance du malade. C'est même l'inverse : c'est le professionnel qui a joué le rôle de superviseur (en suivant l'opération) et de logisticien (en plaçant la fraise dentaire, en essuyant les fluides biologiques, sang et salive, et en maintenant la pompe aspirante dans la bouche de la patiente). Ce robot-dentiste chinois (tout comme son homologue américain Yomi) ne présente pas l'apparence d'un humain et n'exhibe aucun comportement biomimétique, preuve que ses concepteurs ont considéré que l'interaction « affective » avec les patients se situait hors des usages pour lesquels il a été conçu. Autrement dit, cet appareil n'est ni plus ni moins qu'un dispositif chirurgical automatisé à vocation réparatrice. Néanmoins, il s'agit en soi d'une avancée considérable pour un secteur dentaire qui, par tradition, a jusqu'ici reposé quasi-exclusivement sur l'expertise humaine.

Au-delà du *buzz* médiatique, l'introduction de robots dentaires doit s'apprécier à l'aulne de l'intérêt et des risques potentiels présentés pour les patients, le personnel médical et la société. Le robot-dentiste a fourni une première preuve qu'il pouvait être plus précis et plus rapide que la main humaine, et l'on se met à espérer des durées d'interventions moins longues pour le patient, moins de douleurs, une meilleure récupération ainsi qu'une diminution des risques d'erreurs et de complications médicales, fréquentes dans le domaine de l'implantologie dentaire (avec des taux d'échec généralement inférieurs à 10%, mais difficiles à évaluer précisément² et variables en fonction des compétences du spécialiste, de l'état du patient et du cabinet où sont dispensés les soins). Pour le patient, c'est aussi à terme la promesse d'obtenir plus facilement un rendez-vous pour se faire soigner, quelle que soit sa localisation géographique, si le taux de couverture territoriale en établissements équipés permet effectivement un jour de remédier à la problématique des déserts médicaux et à la pénurie de chirurgiens-dentistes qualifiés (comme on peut l'observer en Chine³, et dans une certaine mesure en France). Or, on sait que les robots médicaux sont très coûteux, ce qui peut freiner leur diffusion, et partant, toute évaluation clinique sérieuse de leur efficacité en comparaison des modes opératoires classiques. Evaluation qui ne pourra être conduite que par l'analyse détaillée des retours d'expériences (de la part des patients et des praticiens, et non pas uniquement des fabricants eux-mêmes). Il semble donc urgent que le secteur dentaire s'approprie cette nouvelle offre technologique, afin de la conforter (ou non) comme un facteur de progrès. En plus de pouvoir se substituer au praticien pour la réalisation de certains actes thérapeutiques (probablement pas tous les actes, au moins dans un premier temps), le robot-dentiste pourrait également lui apporter une composante décisionnelle, d'aide au diagnostic et à l'établissement de plans de traitement optimaux (grâce en particulier à des techniques d'apprentissage issues de l'intelligence artificielle). Au plan sociétal, les robots-dentistes pourraient représenter une réponse au problème de l'accès aux soins pour tous, en réalisant le rêve (qui relève pour l'instant de l'oxymore) d'une dentisterie

² Needleman I, Chin S, O'Brien T, Petrie A, Donos N. Systematic review of outcome measurements and reference group(s) to evaluate and compare implant success and failure. J Clin Periodontol. 2012 Feb;39 Suppl 12:122-32.

³ Il a été prédit que 400 millions de citoyens chinois, ayant atteint l'âge de 60 ans ou plus, auront besoin de se faire remplacer au moins une dent en 2050 (Zhang Q, Jing Q, Gerritsen AE, Witter DJ, Bronkhorst EM, Creugers NH. Dental status of an institutionalized elderly population of 60 years and over in Qingdao, China. Clin Oral Investig. 2016 Jun;20(5):1021-8), alors que le nombre d'implants posés par an dans ce pays serait actuellement de 1 million.

« de masse » tout en étant « de qualité », le tout sans creuser le déficit de l'assurance maladie.

Il importe toutefois de considérer les nouvelles problématiques et difficultés posées par cette (r)évolution technologique. Le développement des robots-dentistes pourrait d'abord souffrir d'un déficit de confiance de la part des usagers et des praticiens, ou à l'inverse d'une confiance aveugle dans le « tout technologique ». Du côté des patients, la barrière psychologique, essentiellement irrationnelle voire contre-intuitive (puisque le robot-dentiste fait *a priori* mieux et plus vite que le spécialiste), devrait être facile à surmonter. Un sondage⁴ réalisé en 2012 estimait que 41% des français sondés étaient favorables au fait de subir une opération chirurgicale pratiquée par un robot (à titre de comparaison, seulement 28% acceptaient l'idée qu'un robot s'occupe de promener leur chien). Pour ce qui est des praticiens, il faudra plutôt se méfier des phénomènes d'excès de confiance, c'est-à-dire de la tendance des opérateurs à s'en remettre aux décisions du robot (dont le comportement ne peut être prédit avec une confiance absolue), et de « distanciation morale » (*moral buffer* en anglais), pouvant les conduire à désengager leur responsabilité par rapport aux actions effectuées par le robot (en se retranchant derrière leurs écrans ou leurs rôles de simples superviseurs ou logisticiens). Se posent alors en toile de fond deux questions cruciales. D'abord celle du partage de l'autorité, c'est-à-dire de savoir qui (du praticien ou du robot-dentiste) tire à chaque moment les ficelles sur le théâtre des opérations. Ensuite celle de la répartition des responsabilités en cas de préjudice (entre le dirigeant du cabinet dentaire, le praticien, le fabricant et le distributeur du robot), avec les différents volets disciplinaire, pénal et en termes d'assurance. Pour instruire les dossiers, il sera nécessaire de pouvoir remonter à la cause du dysfonctionnement, ce qui suppose d'être en capacité de rendre compte du comportement de chaque acteur, notamment du robot ; le *traçage* sera donc un élément-clé à prendre en considération. Les défaillances possibles du robot et celles de l'équipe médicale devront être anticipées, pour mieux pouvoir les discerner, de manière à mettre en place des processus idoines d'amélioration des *procès*, de gestion des situations critiques et de résolution des litiges. Ces questions seront d'autant plus centrales à mesure que les professionnels de la filière dentaire, habitués à traiter des situations où le praticien prend toutes les décisions, se retrouveront à déléguer la plupart d'entre elles au robot. A tous les niveaux, il sera critique que les humains conservent la possibilité d'intervenir en reprenant la main sur les diverses actions contrôlées par les machines (de la collecte de données sur les variables biologiques des patients à la gestion des stocks, en passant par l'optimisation des protocoles thérapeutiques et la réalisation des actes en milieu contrôlé). Au fond, il sera crucial de veiller à ce que la robotique dentaire se développe selon les règles de l'éthique médicale, dont l'objet est de jongler entre les exigences d'efficacité et de sécurité des soins, dans le respect des personnes. D'autant qu'il n'est pour l'instant pas possible de programmer des jugements de *bon sens*, à la fois contextuels (relatifs à l'art dentaire) mais aussi moraux (en évitant les dérives mercantiles et la réification du patient). L'histoire récente a montré, avec le scandale des centres dentaires « low-cost » Dentexia, que l'application déraisonnée de procédés industriels à la médecine bucco-dentaire pouvait se solder par un fiasco sanitaire et social⁵.

⁴ Special Eurobarometer 382 / Wave EB77.1, *Public Attitudes towards Robots*, conducted by TNS Opinion & Social at the request of Directorate-General for Information Society and Media (INSFO), September 2012.

⁵ *L'association Dentexia, des centres de santé dentaire en liquidation judiciaire depuis mars 2016 : impacts sanitaires sur les patients et propositions*, C.Daniel, P.Paris, Dr P.Vienne, rapport 2016-075R de l'Inspection Générale des Affaires Sociales, juillet 2016.

La question de l'intégration de nouvelles compétences éthiques, juridiques et technologiques, à l'ère de la « grande convergence NBIC⁶ », sera certainement envisagée, au travers par exemple de la création de « comités opérationnels d'éthique et de contrôle des systèmes praticien-robot-patient » (veillant notamment à octroyer des accréditations reconnues au personnel médical travaillant au contact des robots-dentistes, à définir des critères de normalisation, ESO et ISO, et de certification des dispositifs, en tenant compte des spécificités de la robotique). Les roboticiens et leurs robots-dentistes pourraient s'immiscer plus vite qu'il n'y paraît dans les affaires du secteur dentaire, en venant brouiller les règles traditionnelles d'un jeu qui ne faisait intervenir jusqu'à maintenant que « blouses blanches » et « cols blancs ».

En conclusion, comme l'ont fait de nombreux outils et techniques depuis la maîtrise du feu, la cybernétisation a le pouvoir de transformer en profondeur et à court terme la pratique de la dentisterie, elle-même sans doute vieille de plusieurs millénaires⁷. Face à la remise en cause de ses repères traditionnels, le secteur dentaire devra s'adapter. Car l'enjeu dépasse celui des seuls robots-dentistes, il est global, avec l'avènement de l'impression 3D, des scanners intra-oraux, avec - qui sait - la fabrication un jour prochain d'implants et de prothèses dentaires connectés, capables en tant que systèmes-experts miniatures de mesurer en temps réel certains paramètres physiopathologiques (par exemple la nature et la diversité de la flore microbienne présente dans la cavité buccale) et de renseigner sur les actions à entreprendre (soigner un début de maladie parodontale avant les premiers symptômes visibles, changer une prothèse dont l'étanchéité est défectueuse, ou remplacer un implant devenu mobile ou en proie à un départ d'infection). Sans omettre les progrès des recherches entreprises sur les cellules-souches, qui pourraient être utilisées pour régénérer des gencives et de l'os dentaire, voire des dents entières. Avec l'allongement de l'espérance de vie, on peut imaginer que de nombreux usagers seront contraints, du fait de l'usure de leurs structures anatomiques, d'entreprendre des soins de plus en plus lourds au fil du temps, voire de subir plusieurs réhabilitations dentaires complètes au cours de leur existence. Cette perspective implique de prendre en compte un autre aspect, non moins vital : la dimension affective et sociale lors du temps passé en cabinet dentaire. Ce que les fabricants de robots-dentistes ne semblent pour l'instant pas avoir inscrit à leur cahier des charges. La mise en place de fonctions d'accompagnement, visant à assurer qu'un niveau adéquat d'interaction avec des personnes humaines restera accessible pour le patient lors des consultations et des opérations, pourraient passer par la généralisation de métiers amenés à devenir importants aux côtés de ceux d'endodontiste, d'implantologues, de prothésistes dentaires, etc., à savoir ceux d'hygiénistes, psychologues, hypnopraticiens, sophrologues et aidants. Il n'est pas vain de rappeler que la centralité du patient doit demeurer la pierre angulaire des métiers médicaux, peut-être encore davantage lorsque celui-ci se met à être entouré de machines et de servomécanismes.

⁶ Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et sciences Cognitives.

⁷ Oxilia G, Fiorillo F, Boschin F, Boaretto E, Apicella SA, Matteucci C, Panetta D, Pistocchi R, Guerrini F, Margherita C, Andretta M, Sorrentino R, Boschian G, Arrighi S, Dori I, Mancuso G, Crezzini J, Riga A, Serrangeli MC, Vazzana A, Salvadori PA, Vandini M, Tozzi C, Moroni A, Feeney RNM, Willman JC, Moggi-Cecchi J, Benazzi S. The dawn of dentistry in the late upper Paleolithic: An early case of pathological intervention at Riparo Fredian. *Am J Phys Anthropol.* 2017 Jul;163(3):446-461.

Abdel Aouacheria

ISEM - Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, CNRS UMR 5554, Université de Montpellier, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France.

abdel.aouacheria@umontpellier.fr