

# Un médecin à portée de clavier

TECHNOLOGIES DE SANTÉ

Electrocardiogramme, échographie, mesure de la tension artérielle... Tous ces examens médicaux peuvent désormais être pratiqués avec un simple smartphone, ce qui permet des diagnostics et le suivi de maladies chroniques. Aux Etats-Unis, de nombreux dispositifs sont déjà homologués. Ils devraient bientôt arriver en France

MARC GOZLAN

Muni d'un appareil photo, d'une caméra, d'un micro, d'une bibliothèque, d'un album photos et de musiques, le smartphone est un concentré de technologies. Doté d'applications, il sert de GPS, de lampe torche, de loupe. Surtout, connecté à un réseau sans fil, il permet de surfer sur Internet, d'envoyer des SMS, des e-mails, et, bien sûr, de téléphoner. Au cœur des télécommunications aujourd'hui, le smartphone jouera un rôle central dans la médecine de demain.

« Du fait des réseaux sans fil, d'Internet, des possibilités de connectivité entre objets, des capacités des bandes passantes, de l'extraordinaire diffusion des smartphones, du cloud computing, cette "informatique dans les nuages" capable de stocker de gigantesques volumes de données, on observe une superconvergence d'outils pouvant être mis au service de la santé », déclare le professeur Eric Topol, cardiologue, spécialiste de génomique et directeur du Scripps Translational Science Institute (La Jolla, Californie). « Nous vivons une révolution numérique qui va bouleverser la médecine », ajoute-t-il avant de faire remarquer qu'on compte « plus de six milliards de téléphones portables dans le monde, plus que de brosses à dents ou de toilettes », dont un milliard de smartphones, un chiffre qui devrait doubler d'ici à 2015.

Plusieurs dispositifs innovants, réservés au corps médical, sont commercialisés aux Etats-Unis. Conçu par la firme californienne AliveCor, l'un d'eux permet de visualiser l'électrocardiogramme (ECG) du patient sur un smartphone doté d'une application et muni à l'arrière d'un étui contenant deux électrodes plates. Il suffit au patient de tenir horizontalement un iPhone en appuyant d'un doigt sur chaque électrode pour que s'affichent instantanément le tracé de son ECG et la fréquence cardiaque. L'ECG, sans fil, à portée de doigts.

Ce smartphone fonctionne également lorsqu'il est plaqué contre la poitrine du malade. Au bout de dix secondes, le tracé est enregistré et envoyé sur le « cloud », à partir duquel il peut être récupéré à tout moment. L'enregistrement peut durer tren-

te secondes, de une à cinq minutes, ou être continu. L'écran affiche un seul tracé ECG, correspondant à une seule dérivation, contre douze et autant de tracés pour un électrocardiogramme standard.

Ce dispositif a été homologué en décembre 2012 par l'Agence américaine des produits alimentaires et des médicaments (FDA), également chargée des dispositifs médicaux, et a obtenu le marquage « CE » (conformité aux normes européennes) en vue d'une commercialisation en Europe. Vendu 199 dollars (150 euros), il peut servir au cabinet médical à dépister rapidement un trouble du rythme cardiaque. AliveCor entend encourager les médecins à prescrire son dispositif aux patients souffrant d'une pathologie cardiaque qui pourraient, en cas de malaise ou de palpitations, enregistrer leur ECG et l'envoyer par courriel à leur médecin pour interprétation. AliveCor espère que la FDA autorisera la vente directe au consommateur de son dispositif au deuxième trimestre 2013.

Développé par General Electric Healthcare, Vscan, un système d'échographie de poche, remplacera-t-il le bon vieux stéthoscope au chevet du malade ? Pas de doute là-dessus, à en croire Eric Topol, pendant quatorze ans chef de service du département de médecine cardiovasculaire de la Cleveland Clinic (Ohio), qui déclare « ne plus utiliser de stéthoscope depuis trois ans », soit depuis l'avènement d'échocardiographes ultraportables. Spécialement adapté à une imagerie abdominale, obstétricale et cardiaque, le Vscan comporte une sonde reliée par câble à un smartphone sur lequel l'opérateur visualise les images.

Cet échographe portatif comporte également un Doppler couleur pour l'imagerie en temps réel du flux sanguin. Le Vscan est commercialisé 7900 dollars, contre plus de 30 000 dollars pour les échographes standards. Vscan a depuis peu un concurrent : le système développé par MobiSante (Redmond, Etat de Washington) d'un coût de 7500 dollars, homologué par la FDA début 2011, dans lequel la sonde d'échographie n'est plus reliée par un fil au smartphone. Ces dispositifs portatifs pourraient se révéler utiles en zones rurales ainsi que dans les pays en voie de développement.

En août 2012, la société californienne Sotera Wireless a reçu l'homologation de la FDA pour son système ViSi Mobile, qui envoie toute une série de paramètres

vitaux sur un petit écran fixé au poignet du malade. Toutes les données sont transmises en continu au médecin hospitalier sur une tablette ou un smartphone. Le patient, sur son lit d'hôpital, debout ou à domicile, peut être suivi d'aussi près que s'il était en unité de soins intensifs.

D'autres dispositifs couplés à un smartphone ont été développés à l'usage des professionnels de santé, qui peuvent transmettre les données enregistrées et les stocker dans un cloud. Ainsi, à l'aide d'une optique adaptable à l'appareil photo, le dermatologue agrandira vingt fois l'image d'une lésion cutanée suspecte. De même, équipé d'un adaptateur oculaire, le smartphone de l'ophtalmologiste peut prendre des photos haute définition et des vidéos lors de l'examen à la lampe à fente pour examiner la partie antérieure de l'œil. Muni d'une application qui analyse le son émis à l'expiration, un smartphone a été transformé en spiromètre par des chercheurs de l'université de Washington pour évaluer la fonction respiratoire.

Cellscope, start-up basée à San Francisco, a transformé le smartphone en otoscope.

**« Nous vivons une révolution numérique qui va bouleverser la médecine »**

PROFESSEUR ERIC TOPOLO  
cardiologue

Un embout connecté à l'appareil photo du téléphone portable rend possible l'examen du tympan avec un important effet loupe. Homologué par la FDA, ce dispositif permet aux parents de prendre des clichés des oreilles de leur enfant et de les envoyer au pédiatre, ce qui peut réduire le nombre de consultations tout en permettant de poser le diagnostic d'otite à distance.

En juillet 2012 a été présenté LifeWatch, le premier smartphone médical grand public, conçu et développé en Israël. Il suffit de poser ses doigts sur des capteurs pour que s'affichent l'ECG, la fréquence cardiaque et respiratoire et la saturation du sang en oxygène. L'appareil, qui fonctionne

sous Android, fait également fonction de glucomètre, le taux de glucose sanguin s'affichant après introduction des bandelettes réactives par le haut du smartphone, qui n'a donc pas besoin d'être branché à un lecteur de glycémie. Lifewatch mesure également la conductivité électrique cutanée qui permet de déterminer la masse grasseuse et le niveau de « stress physiologique », également fonction de la variabilité de la fréquence cardiaque.

Situé à l'arrière du téléphone, un capteur à infrarouges mesure la température corporelle. Ce smartphone dispose également d'applications aidant à surveiller l'alimentation, d'un podomètre et d'une fonction de rappel de prise de médicaments. Envoyé sur le cloud de la société, le tracé ECG est analysé par un algorithme qui peut détecter un éventuel trouble du rythme cardiaque et le notifier directement à l'utilisateur. Ce smartphone s'adresse aux consommateurs désireux de prendre leur santé en main, au sens premier du terme, ainsi qu'aux patients souffrant de pathologies chroniques (hypertension artérielle, diabète). Il a reçu le 6 décembre 2012 le marquage CE et est en attente d'une homologation par la FDA. « Il sera vendu au prix de 600 dollars. Une interface en hébreu, arabe et anglais est d'ores et déjà disponible. La vente sur les marchés américain et européen se fera en partenariat avec des compagnies d'assurances, des organismes payeurs et des réseaux de soins », indique la firme israélienne.

Autre dispositif spécialement développé pour le consommateur soucieux de sa santé et de son bien-être, celui dévoilé en décembre 2012 par la société Scanadu, hébergée par les laboratoires Ames, de la NASA, à Moffett Field, en Californie. Baptisé Scanadu Scout, ce dispositif se présente comme un boîtier de petite taille, connecté par Bluetooth à un smartphone. En attente d'homologation par la FDA, l'appareil sera vendu moins de 150 dollars et devrait utiliser une application fonctionnant sur iOS, Android et Windows.

Posé sur la tempe, ce dispositif permet d'afficher en moins de dix secondes la température corporelle, la fréquence cardiaque et sa variabilité, à partir d'algorithmes interprétant l'activité électrique du cœur. Il affiche aussi le temps de transit du pouls (délai qui sépare l'ouverture de la valve aortique de l'arrivée de l'onde de pouls) et le





EMILE LOREAU POUR « LE MONDE »

## Relever le défi du Tricorder de « Star Trek »

Qualcomm, société américaine spécialisée dans la fabrication de technologies de communications mobiles, a lancé une compétition internationale dont les directives seront finalisées le 8 janvier. Le Qualcomm Tricorder X Prize, qui sera décerné en juin 2015, accordera 7 millions de dollars (5,3 millions d'euros) au gagnant. Les deuxième et troisième prix recevront respectivement 2 millions et 1 million.

L'objectif est de développer un dispositif sans fil capable de diagnostiquer une quinzaine de maladies et d'évaluer certains signes vitaux, à l'image du célèbre Tricorder, le scanner médical de poche que le docteur McCoy et Spock utilisaient dans la série « Star Trek » pour porter instantanément un diagnostic.

Les chercheurs ont jusqu'en avril 2014 pour faire acte de candidature. A ce jour, plus de 250 équipes de 34 pays se sont inscrites. Les pays comptant le plus de participants sont les Etats-Unis, le Royaume-Uni et l'Inde, suivis du Canada et d'Israël.

Le dispositif qui sera désigné vainqueur devra diagnostiquer treize pathologies clés : de l'anémie à l'hypo ou l'hyperthyroïdie, en passant par la broncho-pneumopathie chronique obstructive, l'angine à streptocoque, le diabète, la fibrillation auriculaire, le mélanome, l'apnée du sommeil, l'infection urinaire et plusieurs anomalies métaboliques. Il devra en outre évaluer de façon fiable cinq signes vitaux, par exemple la pression artérielle, l'électrocardiogramme ou la température corporelle.

Enfin, il devra diagnostiquer trois autres affections parmi onze identifiées, comme une pharyngite aiguë, avec identification du germe responsable, ou un anévrisme de l'aorte abdominale avec détermination de sa taille. ■

M.G.N

taux d'oxygène dans le sang (oxymétrie de pouls). Un deuxième dispositif transforme le smartphone en lecteur d'analyse d'urine. Utilisant des cartouches jetables, il permet le diagnostic chez la femme enceinte de complications liées à la grossesse : préclampsie, diabète gestationnel, insuffisance rénale, infection urinaire.

Un troisième dispositif utilise le smartphone pour évaluer un état grippal ou pseudo-grippal. Un test salivaire assure une détection rapide du streptocoque A, des virus grippaux A et B, de l'adénovirus et du virus respiratoire syncytial.

En France, deux sociétés conçoivent et développent des dispositifs médicaux mobiles permettant de mesurer ses propres données physiologiques, de les enregistrer sur un smartphone, de les partager par mail avec son médecin et de les stocker dans un cloud sécurisé. La société Withings commercialise un tensiomètre relié à un smartphone iPhone ou Android. Dans la version américaine de l'Apple Store, cet appareil de suivi de la tension artérielle figurait, en septembre 2012, en troisième

position parmi les douze objets connectés les plus vendus aux Etats-Unis, selon le site Proximamobile.fr. En septième position : le tensiomètre sans fil de la société iHealth Lab. Ce système d'automesure de la ten-

### Un système d'échographie de poche remplacera-t-il le bon vieux stéthoscope au chevet du malade ?

sion artérielle est conçu pour l'iPod Touch, l'iPhone et l'iPad. Il suffit de poser le baladeur numérique, le smartphone ou la tablette sur la station d'accueil pour commencer une mesure.

Utilisé sur le lieu des soins comme microscope, le smartphone pourrait être

une aide au diagnostic (HIV, paludisme, tuberculose, anémie). Il pourrait aussi servir de lecteur optique des résultats d'un « laboratoire sur puce », dispositif ultraminiaturisé capable de doser des marqueurs présents dans une goutte de sang, d'urine ou de salive. Muni d'une application, le smartphone pourrait afficher les résultats de tests génomiques réalisables en moins de trente minutes et qui permettent aujourd'hui de dépister, au lit du malade, une susceptibilité génétique à développer un effet indésirable redoutable vis-à-vis d'un médicament (carbamazépine, statines) ou de prédire la non-réponse au traitement envisagé (clopidogrel, interféron pégylé). En France, télécharger son génome sur son smartphone demeure pour l'instant strictement interdit.

Par ailleurs, une tablette PC communiquant en mode bidirectionnel avec un dispositif implanté sous la peau a récemment permis de contrôler la délivrance d'un médicament contre l'ostéoporose et d'améliorer la densité minérale osseuse des patients.

Enfin, l'équipe du professeur Topol vient de développer un système de microscopie capable de détecter les cellules qui se détachent de la paroi interne d'une artère coronaire lors de la rupture de la plaque d'athérome à l'origine d'un infarctus du myocarde.

« En faisant communiquer un smartphone avec un biosenseur de la taille d'un grain de riz capable de détecter ces cellules endothéliales circulantes dont la morphologie du noyau est anormale, il serait possible de recevoir sur son smartphone une alarme de survenue imminente d'un infarctus myocardique, avant même de ressentir le moindre symptôme », déclare Eric Topol.

Selon ce spécialiste, « la numérisation de l'être humain permettra de meilleurs soins et l'avènement d'une prévention personnalisée. Elle se fera sous la pression des consommateurs, bien plus qu'à l'initiative de la communauté médicale, par nature conservatrice et peu encline à adopter des outils qui vont bouleverser sa pratique et remettre en question une partie de son pouvoir ». ■

## Dispositifs intelligents pour diabétiques

Des dispositifs innovants de surveillance du taux de glucose ont été développés pour aider les diabétiques de type 1, qui doivent s'injecter de l'insuline pour remplacer la sécrétion physiologique du pancréas défaillant, à contrôler leur glycémie.

Dans le smartphone américain Telcare, homologué par l'Agence américaine des produits alimentaires et des médicaments (FDA) en août 2012, comme dans celui de l'israélien LifeWatch, le capteur de glycémie est embarqué dans l'appareil, dont un plot accepte les bandelettes sur lesquelles le patient dépose une goutte de sang après piqûre au bout du doigt.

Pour le professeur Pierre-Yves Benhamou (service d'endocrinologie-diabétologie, CHU de Grenoble), « il ne fait pas de doute que ces glucomètres-smartphones sont

l'avenir de la mesure de la glycémie. Ces dispositifs permettront au patient de calculer la bonne dose d'insuline, et vont s'imposer à court terme, même si se pose évidemment la question de leur remboursement ». A terme, ils devraient apporter plus d'autonomie aux diabétiques en favorisant leur capacité à mieux gérer leur maladie au quotidien.

« Un lecteur, branché ou intégré au smartphone, évite le recours au carnet de surveillance en papier, souligne la professeure Nathalie Jeandidier (service d'endocrinologie-diabète, CHRU de Strasbourg). De plus, ce système est convivial car l'affichage des taux de glycémie est très rapide et automatique. Mais attention, si ces appareils sont déchargés, les patients n'ont plus aucun moyen de lire leur glycémie, ni de récupérer les résultats ». Pour cette spécialiste, ce type d'outils

s'adresse à des patients ayant déjà reçu et acquis une éducation thérapeutique de qualité.

Le Dexcom G4 Platinum, lui aussi homologué par la FDA, fonctionne sur un autre principe. Un senseur est implanté sous la peau dans la région abdominale, la concentration en sous-cutané renseignant indirectement sur le taux sanguin. Ce capteur est relié à un transmetteur qui envoie les données sur un moniteur de la taille d'un baladeur toutes les cinq minutes pendant sept jours.

La société Senseonics a, de son côté, développé un dispositif similaire pouvant fonctionner pendant une durée de six mois. Il est actuellement en expérimentation clinique. Chez les sujets sensibles aux hypoglycémies, ces systèmes devraient permettre de diminuer la fréquence de celles-ci. « Les biosenseurs implantés sont assurément

la voie d'avenir dans le diabète de type 1, car ils permettront au patient de mesurer la glycémie au bout du doigt. Ils ne disposent cependant pas encore de l'intelligence artificielle permettant au patient de prendre la bonne décision en lui indiquant la dose d'insuline à s'administrer », fait remarquer le professeur Benhamou.

### « Coaching humain »

En France, Sanofi propose un dispositif appelé iBGStar, disponible depuis mai 2011. Développé en partenariat avec la firme américaine AgaMatrix, il est composé d'un lecteur de glycémie qui se branche sur l'iPhone. Doté de l'application ad hoc, le smartphone affiche les chiffres de la glycémie et permet d'enregistrer les doses d'insuline administrées.

L'iBGStar s'intégrera dans une opération de télé-médecine bapti-

sée Diabeo. Objectif : aider les diabétiques mal équilibrés « à adapter leurs doses d'insuline et à acquiescer une meilleure maîtrise de leur traitement, tout en renforçant les liens avec l'équipe soignante », indique Claire Viguier-Petit, directrice des opérations Diabète chez Sanofi France.

Le système ajustera les doses d'insuline à administrer en fonction de la glycémie, de l'alimentation et de l'activité physique du patient. Parallèlement, les données de glycémie et les doses injectées seront transmises par e-mail au médecin. « Enfin, précise Claire Viguier-Petit, un logiciel permettra à une infirmière de diabétologie de suivre les diabétiques entre les consultations médicales en fonction des consignes formulées par le médecin. On est donc dans une démarche de gestion du temps médical plus efficace. »

M.G.N