

Les domaines de l'e-santé

L'e-santé regroupe des activités variées : robotique, télémédecine, télésurveillance, domotique, santé mobile..., où le numérique est au service du bien-être et de la santé de la personne.

E-santé, télésanté, santé 2.0 : de quoi parle-t-on ?

L'e-santé désigne l'ensemble des domaines où les technologies de l'information et de la communication (TIC)¹ sont mises au service de la santé. Cela concerne la télémédecine, la prévention, le maintien à domicile, le suivi d'une maladie chronique à distance, les dossiers médicaux électroniques, les applications mobiles (m-santé), la domotique... Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'e-santé se définit comme « *les services du numérique au service du bien-être de la personne* », c'est-à-dire comme l'application des technologies de l'information et de la communication au domaine de la santé et du bien-être. Le périmètre de l'e-santé concerne trois grands domaines.

Le premier regroupe l'ensemble des systèmes d'information en santé. Ils permettent de collecter des données sur la santé des individus et de la population. Le dossier médical partagé (DMP) en est un exemple.

Le deuxième concerne la télémédecine. Elle est définie par l'article L. 6316-1 du Code de la santé publique comme « *une forme de pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et*

de la communication ». Concernant en premier lieu les professionnels de santé, mais associant également d'autres professionnels (infirmiers, pharmaciens), elle introduit dans le droit commun des pratiques médicales cinq actes² :

- la téléconsultation, définie comme la consultation d'un professionnel médical à distance au moyen de TIC ;
- la télé-expertise, mobilisée lorsqu'un professionnel médical sollicite à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels de santé par l'intermédiaire des TIC ;
- la télésurveillance, qui réside dans l'interprétation à distance par un professionnel de santé de données de santé recueillies par le patient au moyen de TIC ;
- la téléassistance, mobilisée lorsqu'un professionnel médical assiste à distance un autre professionnel de santé lors de la réalisation d'un acte ;
- la régulation, relative à l'orientation à distance des patients dans le système de santé (centre 15).

Le troisième domaine, beaucoup moins encadré et régulé que les deux précédents, concerne la m-santé ou mobile-santé, définie par l'OMS (2011) comme l'ensemble des « *pratiques médicales et de santé publique supportées par des appareils mobiles, tels que les téléphones*

Louise Bourdel
Interne en santé publique et médecine sociale, Paris

Linda Cambon
Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), centre Inserm U1219 BPH, université de Bordeaux, membre du HCSP

1. Les TIC sont, selon l'OCDE, la combinaison de produits et de services qui capturent, enregistrent et affichent des données et des informations par voie électronique : matériel informatique (ordinateurs et accessoires), équipement de communication et logiciel.

2. Décret n° 2010-1229 du 19 octobre 2010.



Intelligence artificielle (IA) et santé

Selon l'Inserm, l'intelligence artificielle est au cœur de la médecine du futur avec les opérations assistées, le suivi des patients à distance, les prothèses intelligentes, les traitements personnalisés grâce au recoupement d'un nombre croissant de données... On distingue deux approches de l'intelligence artificielle.

- L'approche symbolique : système reproduisant des règles de lo-

gique en s'appuyant sur l'ensemble des connaissances. Ce type d'intelligence artificielle a permis de développer des systèmes d'aide à la décision en santé tels que Desiree (aide au traitement et au suivi des patientes atteintes de cancer du sein).

- L'approche numérique : fondé sur les données, le système cherche des régularités dans des données

sans modèle préétabli. Des algorithmes d'apprentissage automatique permettent au système de faire évoluer ses connaissances par le seul traitement de données (on parle de *deep learning*). Grâce à cette technologie, des logiciels de détection d'anomalies radiologiques ou de mélanome à partir de photo de la peau sont amenés à faire partie intégrante du diagnostic. ♥

Les références entre crochets renvoient à la Bibliographie générale p. 52.

mobiles, les dispositifs de surveillance des patients, les PDA (personal digital assistant) et autres appareils sans fil» [37]. Ce domaine est très largement investi par le grand public du fait de la généralisation de l'usage des smartphones et des applications mobiles. La m-santé couvre une large gamme de sujets relatifs à la santé, du plus global, comme le bien-être (fonctionnalité « Sommeil » d'Apple), au plus ciblé, comme la prise en charge des arrêts cardiaques (SAUV Life). De même, les industries pharmaceutiques ont investi le secteur en développant des applications favorisant l'observance thérapeutique (stratégie *beyond-the-pill*) et le suivi des pathologies tel le dispositif Diabeo, premier dispositif *beyond-the-pill* à avoir obtenu une autorisation de mise sur le marché en France³.

3. Avis de la Commission nationale d'évaluation des dispositifs médicaux et technologies de santé (CNEDiMST) de la Haute Autorité de santé sur la solution Diabeo. 1^{er} juillet 2016. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CEPP-5091_DIABEO_12_juillet_2016_\(5091\)_avis.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CEPP-5091_DIABEO_12_juillet_2016_(5091)_avis.pdf)

L'e-santé recouvre donc un ensemble très vaste de techniques et de services, impliquant un large éventail d'acteurs et couvrant de nombreux domaines relevant de la santé. Ayant l'ambition de faciliter le dialogue entre les secteurs et d'impliquer davantage le patient dans sa santé, l'e-santé apparaît de plus en plus comme la solution aux défis du système de santé d'aujourd'hui. C'est un marché à fort potentiel de croissance, qui pèse environ 20 milliards d'euros au niveau européen, ce qui le porte au troisième rang des marchés de la santé [10]. Ce déploiement rapide de l'e-santé appelle néanmoins un certain nombre de questions : quel encadrement juridique pour des technologies dont l'usage dépasse le territoire national ? Quel encadrement pour garantir l'usage et la confidentialité des données personnelles ? Quel modèle économique et de gestion permettant de garantir la couverture du territoire et l'équité d'accès à ces technologies ? Quel accompagnement des professionnels ?... ♥

La télémédecine

Nathalie Salles
Présidente
de la Société
française
de télémédecine
Lina Williatte
Vice-présidente
de la Société
française
de télémédecine

Identifiée comme pratique médicale par la loi Hôpital, patient, santé et territoire (HPST) du 21 juillet 2009, la télémédecine¹ prend enfin son envol en France après dix ans de réflexions et expérimentations, constituant une des priorités de la stratégie nationale de santé Ma Santé 2022. L'objectif est de décloisonner le système de soin et de développer l'ambition numérique en santé en déployant pleinement la télémédecine et en l'étendant, avec le télésoin, aux professions de pharmaciens et auxiliaires médicaux. Il s'agit de créer, sur les territoires, un véritable collectif de soins, associant les professionnels de santé de tous les métiers du soin et pas seulement médicaux.

Comment se déroule la télémédecine en pratique ?

L'article L. 6316-1 du Code de la santé publique définit la télémédecine comme une forme de pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et de la communication (TIC). Concrètement, elle met en rapport entre eux ou avec un patient, un ou plusieurs professionnels de santé, parmi lesquels figure nécessairement un professionnel médical (médecin, chirurgien-dentiste, sage-femme) et, le cas échéant, d'autres professionnels apportant leurs soins et pouvant accompagner le patient pour, par exemple, l'aider ou recueillir des données cliniques (infirmier, pharmacien...). Cinq actes² de télémédecine sont inscrits et organisés dans le Code de la santé publique.

1. Loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 dite loi HPST.

2. Décret n° 2010-1229 du 19 octobre 2010.

La téléconsultation

La téléconsultation est une consultation à distance entre un médecin (toutes spécialités médicales) et un patient respectant le consentement de ce dernier et son parcours de soin. Proposée au patient en alternance avec des consultations en présentiel, elle est orientée par le médecin traitant, et le patient est connu du médecin téléconsultant. Un autre professionnel de santé peut assister le patient, tel qu'un infirmier diplômé d'État³ ou un pharmacien⁴. À titre dérogatoire et pour répondre aux besoins d'accès aux soins de patients résidant en établissement hébergeant des personnes âgées dépendantes (Ehpad) ou en établissement accueillant des personnes adultes handicapées, une dérogation au principe de l'orientation par le médecin traitant est possible. L'acte de téléconsultation peut avoir lieu au domicile du patient ou dans un lieu équipé pour la télémédecine, comme une structure médicosociale telle qu'un Ehpad équipé ou une pharmacie avec un espace favorable à la confidentialité des échanges. Dans ce cas, le recours à la téléconsultation est assuré dans le cadre de l'organisation territoriale : communautés professionnelles territoriales de santé (CPTS), équipes de soins primaires (ESP), maisons de santé pluriprofessionnelles (MSP), centres de santé ou toute autre organisation territoriale proposant une réponse en télémédecine coordonnée et ouverte à tous les professionnels de santé du territoire. Enfin, l'acte de téléconsultation est remboursé depuis le 15 septembre 2018 pour tous les patients, et la facturation ouverte aux médecins de toutes spécialités.

La télé-expertise

La télé-expertise « a pour objet de permettre à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux en raison de leurs formations ou de leurs compétences particulières, sur la base des informations médicales liées à la prise en charge d'un patient ». Comme pour la téléconsultation, consentement du patient, sécurisation des échanges et compte rendu dans le dossier du patient sont nécessaires. Depuis février 2019, elle est remboursée et facturée dans des conditions précises : patients atteints d'affection de longue durée (ALD), vivant dans une zone dite « sous-dense », atteints d'une maladie rare, détenus ou vivant dans une structure médicosociale.

La télésurveillance médicale

La télésurveillance médicale « a pour objet de permettre à un professionnel médical d'interpréter à distance les

données nécessaires au suivi médical d'un patient et, le cas échéant, de prendre des décisions relatives à la prise en charge de ce patient ». Le programme Etapes (Expérimentations de télémédecine pour l'amélioration des parcours en santé), actuellement en cours, vise à fixer une tarification préfiguratrice des actes de télésurveillance permettant aux professionnels de santé de développer des projets cohérents et pertinents en réponse aux besoins de santé. Ces projets concernent l'insuffisance cardiaque, rénale, respiratoire, le diabète et le suivi des arythmies cardiaques. La télésurveillance sera certainement le prochain acte visé pour remboursement après l'analyse de ces expérimentations.

La téléassistance médicale

La téléassistance médicale « a pour objet de permettre à un professionnel médical d'assister à distance un autre professionnel de santé au cours de la réalisation d'un acte ». Elle n'est pas encore au programme des lois de financement de la Sécurité sociale.

La régulation médicale

Enfin, la réponse médicale est apportée dans le cadre de la régulation médicale, mentionnée à l'article L. 6311-2 et au troisième alinéa de l'article L. 6314-1, qui représente le cinquième acte de télémédecine.

Et le télésoin ?

La télémédecine se distingue du télésoin, prévu à l'article 13 du projet de loi santé 2019, qui vise à créer sur le territoire un véritable collectif de soins associant les professionnels de santé de tous les métiers du soin (non seulement médicaux). Plus précisément, il permet la prise en soin des patients à distance par des pharmaciens et auxiliaires médicaux.

La télémédecine optimise le parcours de soin

Comme le montre la figure 1, la télémédecine impacte le parcours de soin et permet un accès rapide et facilité à l'expertise, ouvrant alors la voie à une meilleure maîtrise des dépenses de santé, à la prévention des complications liées à des maladies chroniques, à un raccourcissement des durées d'hospitalisation si nécessaire et à la limitation des coûts logistiques, dont les transports. La question est encore de savoir si elle permet une rationalisation du recours à l'hospitalisation en limitant l'accès aux hospitalisations non programmées. Des projets de recherche sont en cours sur ce sujet, notamment le projet du CHU de Bordeaux⁵, dont l'objectif est d'évaluer l'impact des téléconsultations en Ehpad sur le taux d'hospitalisations non programmées des résidents et, point important, l'impact sur la qualité de vie au travail des professionnels exerçant en Ehpad.

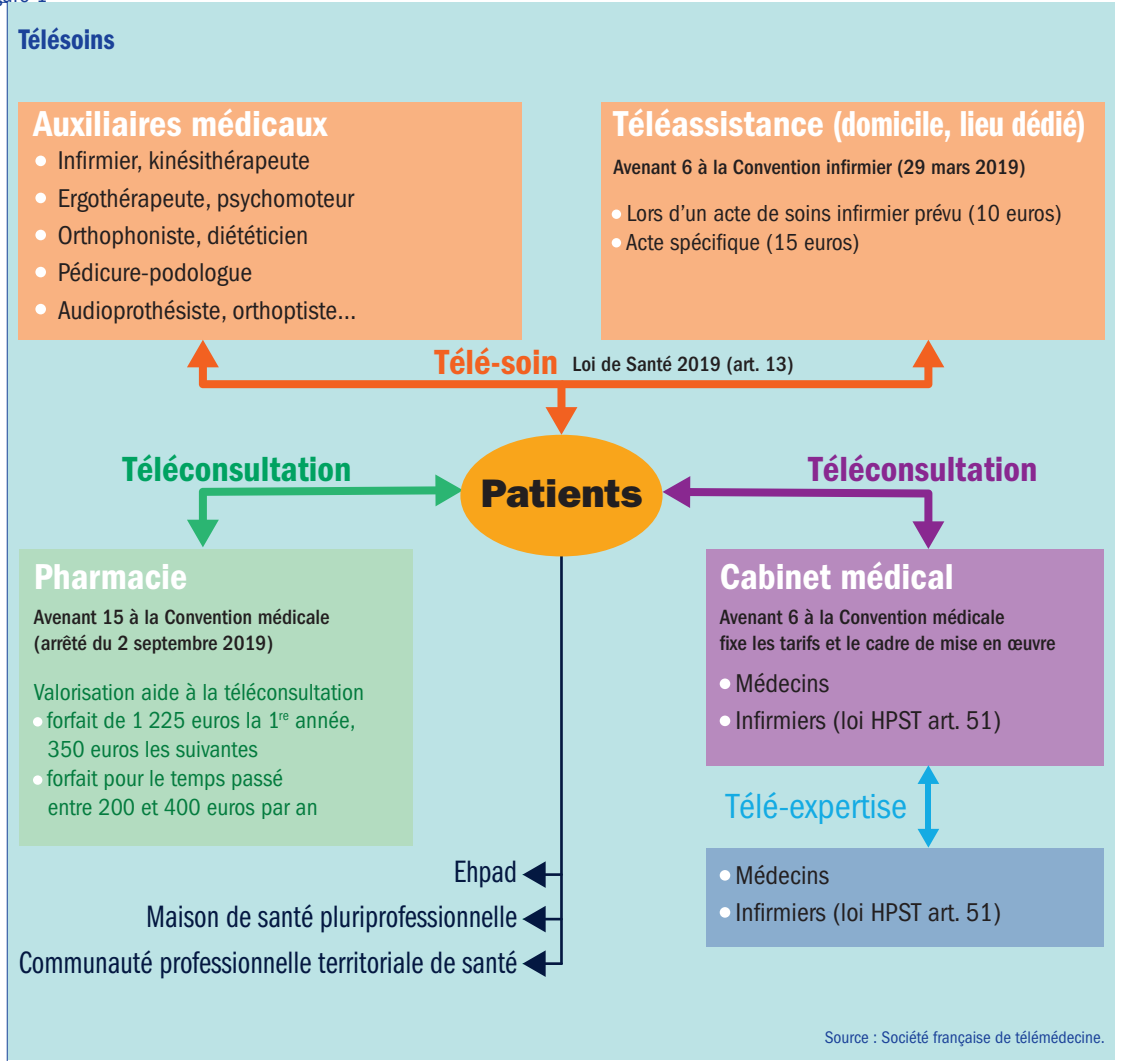
5. Projet financé dans le cadre du PREPS (Programme de recherche sur la performance du système des soins), année 2016.

3. L'avenant 6 à la convention nationale permet de reconnaître le rôle que jouent les infirmiers dans l'accompagnement du patient à la téléconsultation, en lien avec le médecin.

4. L'avenant 15 à la convention de 2012 du 6 décembre 2018, signé entre l'Assurance maladie et les pharmaciens titulaires d'officine, détermine les modalités de mise en œuvre de la téléconsultation en officine et le rôle du pharmacien.



figure 1



Les conditions à respecter pour une télémédecine conforme aux exigences légales

Exigeant le consentement libre et éclairé du patient, la télémédecine nécessite une information préalable portant sur ce qu'implique la prise en soin par voie de télémédecine par rapport à une prise en soin classique (« face-à-face ») : le procédé de la télémédecine, l'identité et la qualité des professionnels, la confidentialité des échanges et les moyens pour garantir ce droit, la sécurisation et la circulation de la donnée, les procédés de protection de la donnée⁶, l'identité du tiers technologique (fournisseur du dispositif médical, opérateur, hébergeur). L'acte de télémédecine donne lieu à un compte rendu inscrit dans le dossier médical

6. Loi n° 78-17 Informatique et liberté du 6 janvier 1978 modifiée en 2004 ; loi pour une République numérique 2016 ; RGDP 2016 opposable en 2018 ; loi du 20 juin 2018 ; décret du 1^{er} août 2018 et ordonnance de réécriture n° 2018-1125 du 12 décembre 2018 ; décret n° 2019-536 du 29 mai 2019.

du patient⁷. L'acte de télémédecine doit être réalisé dans des conditions qui garantissent l'authentification des professionnels intervenants⁸, préalablement formés à l'utilisation des TIC nécessaires à l'acte et à la pratique même de télémédecine⁹. Le processus doit garantir l'identification du patient et, si besoin, sa préparation voire sa formation à la réalisation de l'acte. Enfin, pour pratiquer la télémédecine, les organisateurs et professionnels de santé utilisateurs des TIC doivent garantir au patient que l'usage des

7. Précisément, l'article R. 6316-4 du Code de la santé publique (CSP) dispose que sont inscrits dans le dossier du patient tenu par chaque professionnel médical intervenant dans l'acte de télémédecine : le compte rendu de la réalisation de l'acte, les actes et les prescriptions médicamenteuses effectuées dans le cadre de l'acte de télémédecine, l'identité des professionnels de santé participant à l'acte, la date et l'heure de l'acte, et, le cas échéant, les incidents techniques survenus au cours de l'acte.

8. Articles R. 6316-3 et 4 du CSP.

9. Article R. 6316-9 du CSP.

Qu'en pensent les citoyens ?

Une enquête réalisée en 2018 par la Société française de télémédecine auprès des citoyens montre que plus de 70 % des interrogés ont une idée imprécise de ce qu'est la télémédecine (informés par les médias). Une très large majorité d'entre eux ne l'ont pas expérimentée, même

s'ils pensent qu'elle s'adresse à tous les Français quelles que soient leurs pathologies. La plupart des citoyens sont favorables au renouvellement d'ordonnance ou au conseil médical via la télémédecine, notamment avec leur médecin traitant. Sans identifier de freins technologiques à l'utilisation

de la télémédecine, les patients s'interrogent néanmoins sur la perte du contact humain et les risques d'incomplétude du diagnostic. Plus de la moitié des citoyens interrogés se déclarent prêts à recourir pour eux-mêmes à la téléconsultation et attendent que l'occasion se présente ! ♥

TIC est conforme aux référentiels d'interopérabilité et de sécurité¹⁰.

Quels bénéfices attendus de la télémédecine ?

Pour les patients, la télémédecine représente une opportunité d'optimisation pour le suivi de leurs maladies chroniques. Les retours d'expériences montrent qu'elle évite les délais d'accès aux spécialistes et les complications qui leur sont liées par un accès aux soins facilité, quelles que soient la localisation géographique et l'offre de soin de proximité. Elle permet de favoriser le recueil synchrone et donc plus riche d'informations par les soignants. Enfin, la qualité de vie des patients est améliorée par une réduction des allers et retours à l'hôpital et des transports (soin dans leur lieu de vie avec leurs soignants habituels). Mais la télémédecine est également une solution intéressante pour faciliter l'accès au médecin traitant ou aux spécialistes, hors prise en charge de maladie chronique, pour le renouvellement d'ordonnance, l'arrêt de travail ou l'urgence simple qualifiée de « bobologie ». Enfin, pour les soignants, la télémédecine permet la

montée en compétences des professionnels de santé ainsi que des échanges collégiaux et intersectoriels favorables à l'application et à la diffusion des bonnes pratiques, l'acquisition de nouvelles connaissances, la réduction de l'isolement des acteurs de soin dans certains territoires.

Conclusion

En conclusion, la télémédecine française s'inscrit dans un cadre réglementé et centré sur un modèle de parcours de soin coordonné. Cependant, seuls environ 700 actes de téléconsultation sont aujourd'hui facturés tous les mois à l'assurance maladie. Ce démarrage trop lent nécessite certainement de revoir notre copie. Le trop faible usage de cette pratique médicale à distance s'explique notamment par le besoin des acteurs de soin d'être accompagnés au changement et d'être formés. Nous supposons également que le modèle français ne répond pas suffisamment aux besoins des territoires « sous-denses », dans lesquels le parcours de soin coordonné peut s'avérer difficile à appliquer. Il est urgent que la télémédecine s'intègre pleinement dans les usages des professionnels de santé, et ce pour le bénéfice des patients ! ♥

10. Article L. 1110-4-1 du CSP

M-santé et prévention : quels enjeux ?

Le nombre d'utilisateurs de téléphones mobiles dans le monde atteindra cinq milliards en 2019. En France, 94 % des personnes ont un téléphone portable, dont 75 % ont un smartphone. Les objets connectés et les applications santé (Ocas) sont de plus en plus présents dans le quotidien, notamment pour ce qui concerne la santé et les comportements susceptibles de l'influencer tels que la consommation de tabac, l'alimentation ou encore l'activité physique. Une étude de la Commission européenne souligne que les vingt applications gratuites les plus téléchargées concernent les champs du sport, de la forme et de la santé. La M-Health ou m-santé ou santé mobile désigne

« les pratiques médicales et de santé publique reposant sur des dispositifs mobiles tels que téléphones portables, systèmes de surveillance des patients, assistants numériques personnels (PDA) et autres appareils sans fil ». Gerald Aungst [3] propose de classer son périmètre d'action en quatre catégories. La catégorie appelée « Centrée patient » fait référence à la promotion de la santé, à la communication, au suivi de paramètres et au rappel de prise médicamenteuse. La catégorie « Centrée praticien » s'intéresse au dossier patient. La catégorie « Référence » se rapporte à la maladie, à la clinique, aux médicaments ou à la littérature médicale. La catégorie « Éducation » concerne les enseignements médicaux.

Olivier Aromatario
Ingénieur d'études en santé publique, UMR 6051, Arènes EHESP, université Sorbonne Paris Cité

Les références entre crochets renvoient à la Bibliographie générale p. 52.



Quels objets connectés et applications santé (Ocas) en prévention ?

En France, l'allongement de la durée de vie et la place croissante des maladies chroniques font de la prévention une priorité du système de santé, qu'elle soit réalisée pour améliorer la santé et réduire les facteurs de risques en amont d'une pathologie avérée, pour participer à la prise en charge dans la maladie aiguë ou pour accompagner la maladie chronique. Les outils de m-santé concernés par ses pratiques sont principalement « Centrés patient ». Leur fonctionnement s'appuie sur plusieurs modalités [29]. Tout d'abord, celle du « *quantified self* », qui, depuis les années 1990 aux États-Unis, développe une approche basée sur la connaissance de son propre corps à partir de capteurs (par exemple de tension artérielle, podomètres...) qui quantifient les activités des individus et les envoient à un smartphone. Un algorithme va traiter les données avant de les restituer (ou pas). Cette « autoquantification » atténue les frontières entre le bien-être, la santé et les soins avec l'installation d'un *continuum* entre le normal et le pathologique. Les Ocas sont aussi, deuxième modalité, un moyen de socialisation et une source de valorisation. En effet, le partage des données collectées et analysées répond à un double objectif de valorisation des efforts effectués et de développement de la réassurance en se comparant aux autres. Enfin, la troisième modalité concerne l'utilisation des données : la surveillance en comparant les résultats à des normes (parfois source d'anxiété), la systématisation en remplaçant une « mauvaise » habitude par un comportement plus favorable à la santé (avec des échanges pour s'encourager entre groupes connectés mais qui restent difficiles pour certaines personnes), la performance avec des objectifs autodéterminés qui favorisent la compétition et influencent les normes dans le groupe (avec un effet répulsif possible pour ceux qui n'entrent pas dans ce type de dynamique).

Quelle efficacité des Ocas en prévention ?

Si la connaissance des pratiques se précise, les conditions d'efficacité de la m-santé sur les modifications de comportements restent peu explorées. Dans les faits, on sait que l'utilisation dure moins de six mois pour un tiers des utilisateurs et que 39 % des applications commerciales en santé sont en réalité utilisées moins de dix fois avant d'être abandonnées. Mais l'étude des fonctions clés agissant sur cette efficacité est peu développée dans la littérature. Seuls quelques facteurs ont pu être identifiés [2]. Le premier montre l'intérêt de modalités pratiques d'utilisation qui favorisent une prise en main facile et rapide et évitent une surcharge d'informations. Par exemple, si l'on prend les applications de promotion de l'activité physique, les personnes avec une faible pratique apprécient peu les rappels, ce qui peut conduire à un rejet de l'application. Un autre facteur tient aux caractéristiques d'adaptabilité de l'application aux besoins des individus dans leur environnement.

Cette influence est visible dès le premier contact et s'accroît au cours du temps. Cela induit une forme de confiance dans le contenu qui favorise l'efficacité. Cette capacité de l'outil à s'adapter aux besoins de l'utilisateur renforce l'accompagnement car elle aide à repérer les facteurs qui influencent son comportement en temps réel et accroît la possibilité d'agir dessus, en lui donnant par exemple l'opportunité de modifier directement son environnement. Les applications sont également plus efficaces lorsqu'elles sont associées à une intervention humaine, si cette dernière est perçue comme légitime (expertise, confiance, réciprocité, bienveillance), et lorsqu'elles favorisent le partage en réseau. L'influence de cette fonction de partage varie en fonction de la dynamique d'interaction.

Au-delà de ces éléments, il reste difficile d'identifier dans la littérature les « ingrédients » clés des applications, faute d'évaluation *ad hoc* qui en permettrait l'appréciation. En effet, la plupart des études sont basées sur des méthodes expérimentales non complétées d'une évaluation des processus, qui permettrait de comprendre comment les Ocas sont efficaces. Ces évaluations des processus [7, 25] sont pourtant nécessaires à la compréhension de la « boîte noire » des Ocas. En d'autres termes, au-delà de la question : L'application marche-t-elle ? il s'agit de répondre aux questions suivantes : Pour qui et dans quelles conditions l'application fonctionne-t-elle dans son objectif à accompagner le changement de comportement ? Ainsi, certains auteurs [2] plaident pour une évaluation plus compréhensive des Ocas permettant, au-delà de leur efficacité, de comprendre quels en sont les ingrédients clés (techniques utilisées), les mécanismes activés ainsi que l'effet modérateur du contexte. Ces évaluations sont notamment possibles grâce aux évaluations fondées sur la théorie [7, 15]. Ces dernières visent à établir, préalablement à l'évaluation, des hypothèses sur le fonctionnement de l'application (quelles activités pour quels mécanismes et quels résultats attendus ?) et de les vérifier par une investigation empirique. L'usage de ce type d'évaluation permettrait à la fois de comprendre ce qui fait efficacité dans une application, de pouvoir comparer plusieurs applications en profondeur, d'en déterminer la complémentarité avec d'autres prises en charge.

Quels impacts des Ocas sur les inégalités de santé ?

Au-delà de la question de l'efficacité et des conditions d'efficacité se pose celle de l'influence de ces objets sur les inégalités sociales de santé (ISS). Là encore, les études sont contradictoires, certaines estiment que les Ocas réduisent les inégalités sociales de santé par un meilleur accès à des recommandations, d'autres concluent l'inverse. En réalité, la question est de dépasser l'appréhension des caractéristiques techniques pour envisager ce qui dans l'application elle-même peut accroître les inégalités sociales de santé. Latulippe [22] et Berland [5] soulignent notamment l'importance de

considérer des critères liés à la littératie : il s'agit tout d'abord de s'assurer que le langage soit accessible et compréhensible pour tous et que la navigation soit facile et conforme à la culture de recherche de l'utilisateur ; ensuite, que l'application développe l'accessibilité du contenu par exemple en utilisant de l'audio et de la vidéo mais aussi en privilégiant les activités ludo-éducatives (« la gamification »).

Conclusion

En conclusion, les enjeux de l'usage des Ocas en prévention sont multiples. Certes, les Ocas sont intéressants car ils permettent de rendre accessible physiquement une offre d'accompagnement qui peut être inéquitable si elle reste essentiellement humaine. Certes, les différentes modalités de communication (écrit, audio, vidéo)

et le caractère « gamifié » des applications peuvent être un bon levier en éducation pour la santé. Certes, enfin, le développement des Ocas en prévention s'inscrit dans l'air du temps, donnant un souffle intéressant à la prévention. En revanche, il s'agit d'être vigilant à considérer ces outils non pas comme des outils en tant que tels mais comme une stratégie d'intervention à part entière [2] et exiger que leur évaluation tout comme leur conception s'appuient sur les meilleures preuves disponibles et bénéficient d'une analyse compréhensive. Concrètement, il s'agit de comprendre comment et dans quelles conditions les Ocas sont susceptibles d'accompagner le changement de comportement dans une perspective de réduction des inégalités sociales de santé. C'est en cela qu'ils deviendront de vraies modalités innovantes en prévention. ♥

Big data et intelligence artificielle en santé publique

De quoi parle-t-on ?

Les données massives ou big data sont devenues omniprésentes en santé publique. Les essais cliniques qui étudient l'effet d'un traitement ou une intervention intègrent maintenant, dans l'essai principal ou dans des études ancillaires, la mesure de centaines de milliers de marqueurs grâce aux nouvelles technologies telles que le séquençage génomique ou la cytométrie de masse quantifiant les populations cellulaires. Ainsi, des millions de mesures sont effectuées chez un même individu réalisant ce que certains appellent un phénotypage profond. Les données deviennent également massives de par la taille des populations étudiées. L'accès à des entrepôts de données hospitaliers, aux bases de données de remboursement du médicament de l'assurance maladie, grâce au Système national des données de santé (SNDS), permet d'analyser des millions de patients pour répondre à une question posée. D'autres données, potentiellement très volumineuses, sont disponibles via Internet à l'instar des traces numériques sur les réseaux sociaux, des requêtes faites sur les moteurs de recherche... Un exemple fameux est la tentative de prédire la survenue d'épisodes d'épidémies de grippe grâce aux requêtes effectuées sur le moteur de recherche Google. Les recherches continuent aujourd'hui pour exploiter les informations disponibles sur les moteurs de recherche et les réseaux sociaux : c'est l'épidémiologie digitale.

Les big data sont classiquement définies à travers le prisme des 5 V : volume, variété, vélocité, véracité, valeur. Le volume est bien évidemment lié au caractère massif des données, en particulier quand il s'agit de données de séquençage ou d'imagerie. Le principal défi

est d'ordre matériel pour le stockage et le déplacement des données. La variété fait référence aux différents types de données disponibles. Cette variété engendre une complexité et une spécificité associées à chaque type de données. Par exemple, chaque donnée biologique demande un dialogue avec un spécialiste (transcriptomique, protéomique, métabolomique...) pour bien comprendre comment elle a été générée. La vélocité fait référence à plusieurs aspects, dont la rapidité de déplacement des données et surtout la rapidité d'analyse. Dans certains cas, des volumes massifs de données arrivant en continu nécessitent d'être analysés en direct. Quelle que soit la situation, les analyses de données massives nécessitent un temps beaucoup plus important du fait de leur complexité, des temps de calcul, et parce que souvent plusieurs questions sont posées à cause de la pluralité des informations disponibles.

Le quatrième et le cinquième V ne sont pas toujours repris et pourtant représentent des aspects importants. La véracité des données (ou validité) est une problématique majeure. En effet, rien n'est possible sans une qualité des données minimale. Pourtant, en récupérant des informations obtenues à d'autres fins qu'une recherche en santé publique, la qualité d'information n'est pas toujours optimale et peut nécessiter un travail spécifique d'extraction d'information. Les entrepôts de données hospitaliers sont un exemple caricatural pour lesquels il est nécessaire de mettre en œuvre un traitement automatique de la langue (TAL) afin d'extraire les informations de textes libres issus des comptes rendus et d'organiser les connaissances à l'aide d'ontologies. Enfin, la valeur des données concerne au départ

Rodolphe Thiébaud

Université de Bordeaux, Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), Inserm Bordeaux Population Health, Institut national de la recherche en informatique et automatique (Inria), Statistics in System Biology and Translational Medicine (SISTM), pôle de santé publique du CHU de Bordeaux



l'impact économique de l'exploitation d'une information de qualité. Cette notion se généralise aisément dans la notion de l'impact attendu des big data.

Plus la taille des données à analyser augmente plus les outils d'analyse utilisés sont autonomes. En effet, en dimension réduite, les méthodes d'apprentissage statistique classiques, dont les modèles de régression par exemple, sont très efficaces et donnent des résultats très satisfaisants du fait de leur interprétabilité et des indicateurs estimés (c'est-à-dire le risque relatif et son intervalle de confiance). L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles nécessitent que l'opérateur définisse le modèle (quelles variables sont intégrées, quelles formes de liens). Bien entendu, si le modèle est mal défini, cela compromet l'efficacité de l'approche, qui renvoie alors des estimations biaisées, donc fausses. Dans le cadre de la grande dimension, la définition manuelle des modèles est donc difficile. Une solution se dessine avec l'apprentissage machine, qui se veut plus autonome que l'apprentissage statistique. Par exemple, une technique appelée « forêt aléatoire » permettra de prendre en compte des formes d'associations différentes entre les variables sans devoir les formuler explicitement (par exemple linéaires ou non).

Les méthodes de type réseaux de neurones constituent les méthodes les plus autonomes utilisées actuellement. Ainsi, par définition, cette autonomisation de l'analyse des données s'inscrit dans les approches d'intelligence artificielle. Par ailleurs, les méthodes d'intelligence artificielle comme l'apprentissage profond nécessitent souvent une grande quantité d'information pour la phase d'apprentissage (d'un algorithme prédictif). D'autres évolutions technologiques ont suivi l'arrivée des données massives, dont le stockage avec le *Cloud computing*, l'organisation des bases de données adaptées aux données non structurées (*Hadoop*) et la mise au point de méthodes de calcul adaptées (*MapReduce*).

Au total, la génération et l'accès à des données de plus en plus volumineuses et complexes se sont accompagnés de progrès importants dans plusieurs disciplines (informatique, statistique, épidémiologie), qui sont mobilisées ensemble pour exploiter ces nouvelles sources d'information, donnant lieu à ce qu'on appelle la science des données. L'ensemble de ces méthodes s'inscrit dans l'intelligence artificielle au sens où les algorithmes prédominent à l'analyste pour explorer ces espaces de très grande dimension.

Faut-il avoir peur ?

L'intelligence artificielle, autrement dit l'homme laissant la place à la machine, engendre des craintes immédiates de remplacement de l'intelligence humaine. Une machine remplacera-t-elle le médecin ? le statisticien ? l'épidémiologiste ? En fait, les algorithmes, bien que plus ou moins autonomes, sont efficaces sur une tâche spécifique mais sont incapables de généralisation. Un algorithme donné pourra très efficacement reconnaître des lésions cancéreuses sur une image mais il ne

remplacera pas la prise en charge globale du clinicien, qui intègre bien plus d'informations. Il n'est pas exclu d'aller vers une intelligence artificielle plus générale, qui en serait capable. Cependant, elle ne remplacera pas la relation humaine médecin-patient malgré les progrès de la recherche sur l'interaction homme-machine. Le médecin est donc « augmenté », plus performant mais non remplacé. Le professionnel de santé publique est également « augmenté ». Il pourra détecter plus tôt le début des épidémies, recueillir en direct la réaction d'une population à un événement donné...

Les opportunités

Les opportunités sont en fait nombreuses. L'arrivée des données génomiques a accéléré l'objectif de personnaliser les interventions, à l'instar du traitement du cancer du sein. Pourquoi ne pas détecter très précocement le risque suicidaire à partir de la trace numérique des individus ? L'exploitation de l'ensemble des données historiques hospitalières et de ville, des données mesurées à l'entrée d'une hospitalisation d'urgence permettra-t-elle de mieux prendre en charge un patient ? Il faut reconnaître qu'aujourd'hui les espoirs sont plus importants que les résultats. Alors est-ce un leurre ?

Les enjeux

Il existe en fait de nombreux obstacles pour que les données massives et l'intelligence artificielle impactent réellement la santé publique. Sur le plan méthodologique, il y a plusieurs enjeux : la gestion et l'accès aux données, l'exploitation de ces données, l'évaluation des outils développés. Idéalement, pour répondre à une question donnée, il faudrait que toutes les données pertinentes soient disponibles, valides et accessibles. Bien entendu, le premier frein est éthique et réglementaire. N'importe qui ne peut pas accéder à n'importe quelles données et il ne le faut sans doute pas. Le récent règlement européen pour la protection des données (RGPD) donne un cadre réglementaire en Europe. Les considérations éthiques sont majeures et nécessitent d'être correctement traitées puisque, sous cette condition, elles permettront un accès potentiellement facilité. En effet, la confiance du citoyen est un élément clé pour accéder à ses données. Si on veut pouvoir réellement exploiter la valeur de ces big data, il est nécessaire de permettre au plus grand nombre de chercheurs d'y accéder afin de relever le défi de leur exploitation. C'est dans cet esprit que la ministre des Solidarités et de la Santé, Agnès Buzyn, a annoncé la création d'un *Health Data Hub* (<https://www.health-data-hub.fr>) de façon à organiser l'accès aux données de santé à l'échelle nationale.

Cependant, l'autre défi est le temps-personne nécessaire pour développer et mettre en œuvre les méthodes pertinentes à l'exploitation des données massives. Il faut plus de *data scientists* qui passent plus de temps sur les projets. Cela signifie qu'il faut avant tout former plus de professionnels, aguerris aux nouvelles technologies, à l'instar de ce que nous proposons dans

le cadre de l'Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped) à Bordeaux, et de l'école universitaire de recherche Digital Public Health (<https://digital-public-health.u-bordeaux.fr>) avec le nouveau programme de Master «Public Health Data Science». En outre, il faut bien tenir compte de la durée nécessaire pour l'analyse des données massives afin de pouvoir les exploiter réellement. Là où trois mois équivalent temps-plein d'un statisticien était suffisant, douze mois d'un *data scientist* peuvent être nécessaires! Il s'agit au départ d'une considération pragmatique, mais dont l'implication est majeure. Ne pas se donner les moyens d'analyser les données massives comme il se doit peut compromettre l'intégrité scientifique du projet.

Enfin, les considérations matérielles sont également de mise. Où stocker les données? dans le Cloud d'Amazon?

Les prix sont attractifs mais nous avons affaire à des données de santé et de santé publique qui nécessitent une sécurisation et une gouvernance d'accès relevant de la plus haute autorité. Si les données générées par le service public restent dans le service public, alors il faut que l'État décide d'investir à large échelle.

En conclusion, les données massives en santé publique et les développements en cours en intelligence artificielle constituent une réelle opportunité d'effet levier pour la surveillance, la prévention et l'intervention en santé publique. Cependant, l'organisation des données et de leur accès, leur exploitation et l'évaluation des approches nécessitent des moyens supplémentaires et conséquents qui permettront à la fois d'impacter la santé publique tout en assurant l'intégrité scientifique et le respect du citoyen. ❤