

Serge SOUDOPLATOFF

# LE NUMÉRIQUE AU SECOURS DE LA SANTÉ

FONDATION POUR  
L'INNOVATION  
POLITIQUE  
*fondapol.org*

Janvier 2019





FONDATION P O U R  
L'INNOVATION  
POLITIQUE  
*fondapol.org*

[fondapol.org](http://fondapol.org)



# LE NUMÉRIQUE AU SECOURS DE LA SANTÉ

Serge SOUDOPLATOFF

FONDATION POUR  
L'INNOVATION  
POLITIQUE  
*fondapol.org*

La Fondation pour l'innovation politique  
est un think tank libéral, progressiste et européen.

Président : Nicolas Bazire

Vice Président : Grégoire Chertok

Directeur général : Dominique Reynié

Président du Conseil scientifique et d'évaluation : Christophe de Voogd

## FONDATION POUR L'INNOVATION POLITIQUE

*Un think tank libéral, progressiste et européen*

La Fondation pour l'innovation politique offre un **espace indépendant d'expertise, de réflexion et d'échange** tourné vers la production et la diffusion d'idées et de propositions. Elle contribue au **pluralisme de la pensée** et au renouvellement du **débat public** dans une **perspective libérale, progressiste et européenne**. Dans ses travaux, la Fondation privilégie quatre enjeux : la **croissance économique**, **l'écologie**, les **valeurs** et le **numérique**.

Le site [fondapol.org](http://fondapol.org) met à disposition du public la totalité de ses travaux. La plateforme « **Data.fondapol** » rend accessibles et utilisables par tous les données collectées lors de ses différentes enquêtes et en plusieurs langues, lorsqu'il s'agit d'enquêtes internationales.

De même, dans la ligne éditoriale de la Fondation, le média « **Anthropotechnie** » entend explorer les nouveaux territoires ouverts par l'amélioration humaine, le clonage reproductif, l'hybridation homme/machine, l'ingénierie génétique et les manipulations germinales. Il contribue à la réflexion et au débat sur le transhumanisme. « **Anthropotechnie** » propose des articles traitant des enjeux éthiques, philosophiques et politiques que pose l'expansion des innovations technologiques dans le domaine de l'amélioration du corps et des capacités humaines.

Par ailleurs, le média « **Trop Libre** » offre un regard quotidien critique sur l'actualité et la vie des idées. « **Trop Libre** » propose également une importante veille dédiée aux effets de la révolution numérique sur les pratiques politiques, économiques et sociales dans sa rubrique « Renaissance numérique ».

La Fondation pour l'innovation politique est reconnue d'utilité publique. Elle est indépendante et n'est subventionnée par aucun parti politique. Ses ressources sont publiques et privées. Le soutien des entreprises et des particuliers est essentiel au développement de ses activités.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	9
1. LA SANTÉ MOBILE ( <i>MHEALTH</i> ).....	15
2. LA GRANDE PROMESSE DE LA GÉNOMIQUE.....	17
3. LES GRANDS ACTEURS DU NUMÉRIQUE.....	24
4. LES INVESTISSEMENTS DANS LA SANTÉ DU NUMÉRIQUE.....	28
5. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LA SANTÉ.....	29
6. LES THÉRAPIES NUMÉRIQUES.....	32
7. LE PATIENT VA-T-IL PRENDRE LA MAIN ?.....	34
8. VERS NOTRE DOUBLE NUMÉRIQUE.....	35

# RÉSUMÉ

La technologie joue un rôle important dans bien des aspects de notre vie. Tout comme elle a révolutionné nos méthodes de communication et nos systèmes financiers, son application au domaine de la santé transforme la façon dont les soins sont dispensés. Face à l'évolution de la démographie médicale, aux inégalités territoriales d'accès aux soins, à la hausse de la prévalence des maladies chroniques ou encore au vieillissement de la population et à la prise en charge de la dépendance, les technologies numériques recèlent d'énormes ressources pour améliorer les systèmes de santé. De la santé mobile à la génomique, en passant par l'exploitation des données issues de l'intelligence artificielle et la possible création de notre double numérique, la médecine est sur le point d'être révolutionnée. Dans cette étude, l'auteur se saisit de l'immense potentiel du numérique dans le domaine de la santé en le faisant vivre à travers les dernières innovations, dont il faut suivre le pas à l'échelle nationale.



# LE NUMÉRIQUE AU SECOURS DE LA SANTÉ

Serge SOUDOPLATOFF

Expert de l'Internet, cofondateur de Sooyoos, Scanderia et Mentia.

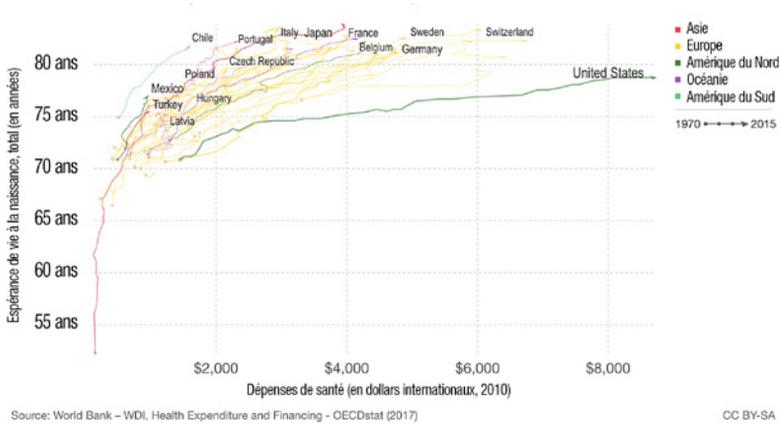
## INTRODUCTION

Si l'on fait un rapide examen des systèmes de santé dans le monde, on s'aperçoit qu'ils sont globalement tous dans une mauvaise passe. Aux États-Unis, en 2018, le système de santé est un des meilleurs au monde mais seuls les riches peuvent vraiment en bénéficier. À San Francisco, une consultation de médecin généraliste peut coûter jusqu'à 300 dollars. Une césarienne dans l'État du Massachusetts coûte 18 461 dollars, s'il n'y a pas de complications<sup>1</sup>. Bien sûr, des assurances existent, mais la volonté de transformation de l'Obamacare par le président Trump, qui souhaite en annuler le caractère obligatoire, risque de diminuer de façon importante le nombre de personnes couvertes. Le coût global de la santé est très élevé aux États-Unis : la dépense par habitant est le double de la moyenne de l'OCDE<sup>2</sup>. Quatre facteurs concourent à cette anomalie : le coût élevé des médicaments et des équipements médicaux ; l'accroissement du nombre de maladies chroniques, notamment l'obésité et le cancer ; la complexité des systèmes de remboursement ; et, enfin, des coûts administratifs de plus en plus élevés liés à des problèmes organisationnels. Il est ainsi fréquent de devoir consulter plusieurs médecins là où un seul suffirait. Mais il y a pire : comme le montre le graphique suivant, ce coût énorme ne se traduit pas par une amélioration du système de santé de la population américaine.

1. Coût d'une césarienne sans assurance, voir <https://www.businessinsider.fr/us/how-much-does-it-cost-to-have-a-baby-2018-4>

2. Voir « The U.S. Health Care System: An International Perspective », The Department for Professional Employees, 2016 ([dpeaflcio.org/programs-publications/issue-fact-sheets/the-u-s-health-care-system-an-international-perspective/](http://dpeaflcio.org/programs-publications/issue-fact-sheets/the-u-s-health-care-system-an-international-perspective/)).

## Espérance de vie par rapport aux dépenses en matière de santé, 1970-2015



Le financement de la santé correspond aux dépenses de santé annuelles par habitant, et est ajusté pour tenir compte de l'inflation et des différences de niveau de prix entre les pays (mesuré en dollars internationaux, 2010).

Source : World Bank – WDI, Health Expenditure and Financing – OECDstat (2017), graphique figurant sur le site [ourworldindata.org/financing-healthcare](http://ourworldindata.org/financing-healthcare).

En France, la bureaucratisation de la santé a conduit à un système centralisé où tend à s'installer la déresponsabilisation individuelle, personne ne sachant plus ce que coûte vraiment la santé. Aujourd'hui, il semble que pour la majorité des Français la santé « n'a pas de prix », ce qui a tendance à camoufler le fait qu'elle a un coût. Partout ailleurs dans le monde, les pays en développement n'ont pas les moyens d'offrir des systèmes de santé de qualité. Une étude datant de fin 2017 classe la qualité des systèmes de santé dans le monde : les dix premiers pays font tous partie des zones les plus développées<sup>3</sup>.

Enfin, la conjonction de plusieurs facteurs rend inquiétant le problème du vieillissement dans les pays riches : l'allongement de la durée de la vie grâce aux progrès de la médecine, une pyramide des âges qui gonfle vers le haut, le manque grandissant du nombre d'accompagnants de soins<sup>4</sup>

3. Voir « Les 19 pays avec les meilleurs systèmes de santé au monde », [businessinsider.fr](http://businessinsider.fr), 16 février 2018 ([www.businessinsider.fr/meilleurs-systemes-sante-prosperity-index-2018](http://www.businessinsider.fr/meilleurs-systemes-sante-prosperity-index-2018)). Il n'est pas surprenant que les États-Unis ne figurent pas dans ce classement.

4. Voir Lisa Grabl, « Primary Care Shortage Growing Across U.S. », [medpagetoday.com](http://medpagetoday.com), 24 septembre 2018 ([www.medpagetoday.com/blogs/careerconsult/75093](http://www.medpagetoday.com/blogs/careerconsult/75093)).

– problèmes que l’isolationnisme des États ne fait qu’accroître<sup>5</sup> – et, surtout, l’expansion des maladies chroniques qui affectent énormément la population des seniors, l’obésité en premier<sup>6</sup>.

Face à ce constat, les débats publics manquent souvent de hauteur. Poser en France la question de l’efficacité du système de santé est souvent interprété comme un acte de vulgaire libéralisme mettant à bas la solidarité et voulant limiter les remboursements alors que cela pose simplement des questions sur l’efficacité de la gestion du système (peut-on faire la même chose avec moins d’argent ?), de son extension (tout le monde est-il couvert ?) et, surtout de son manque d’innovation<sup>7</sup>. Aux États-Unis, la même question conduit à un débat entre les « libéraux », qui prônent le libéralisme social et la solidarité, et les « conservateurs », qui mettent au-dessus de tout la morale judéo-chrétienne, le marché libre et la baisse des impôts, avec l’idée que l’État doit être le moins présent possible avec, en contrepartie, une énorme délégation vers le communautaire<sup>8</sup>.

Or le numérique recèle un énorme potentiel d’amélioration des systèmes de santé. Par exemple, l’intelligence artificielle (IA), qui apporte maintenant l’expertise médicale dans les pays usant de cette technologie, tout le temps et à bas coût<sup>9</sup>, possède les atouts pour résoudre le problème des déserts médicaux. Au lieu de convaincre des médecins de s’installer dans des petits villages ou bien de favoriser à tout prix la télémédecine – qui ne résout le problème du manque de temps que dans les zones rurales mais en faisant disparaître le contact physique –, il serait possible de former des personnes à une vision systémique du corps humain et à une sensibilité psychologique (en un temps à priori bien plus court que les neuf années nécessaires à former un médecin généraliste), ces personnes étant munies d’outils connectés à des systèmes de diagnostic puissants basés sur l’IA.

De plus, le ministère de la Santé américain a lancé depuis une dizaine d’années un grand programme de changement des principes de remboursement, qui vont être centrés sur l’impact sur l’utilisateur plus que sur la délivrance de

5. Aux États-Unis, par exemple, les projections montrent un manque de 1 million d’accompagnants en 2026. Voir Chris Farrell et Next Avenue, « The Shortage Of Home Care Workers: Worse Than You Think », forbes.com, 18 avril 2018 ([www.forbes.com/sites/nextavenue/2018/04/18/the-shortage-of-home-care-workers-worse-than-you-think/](http://www.forbes.com/sites/nextavenue/2018/04/18/the-shortage-of-home-care-workers-worse-than-you-think/)).

6. Une étude de 2013 montre ainsi que l’on meurt plus de trop manger que de famine. Voir Marie Ng, Tom Fleming, Margaret Robinson, Blake Thomson, Nicholas Graetz, Margono *et al.*, « Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 », *The Lancet*, vol. 384, n° 9945, 30 août 2014, p. 766-781.

7. Patrick Negaret, *De l’assurance maladie à l’assurance santé*, Fondation pour l’innovation politique, février 2017 ([www.fondapol.org/etude/patrick-negaret-de-lassurance-maladie-a-lassurance-sante/](http://www.fondapol.org/etude/patrick-negaret-de-lassurance-maladie-a-lassurance-sante/)). Les constats et les propositions de l’auteur sur la prévention n’ont malheureusement pas été assez partagés et repris.

8. L’auteur a ainsi vu en Californie, en 2000, une communauté locale se mobiliser et lever 120 000 dollars pour payer les soins d’une adolescente atteinte d’un cancer. Une forme de *crowd-funding* avant la lettre, phénomène que les plateformes internet amplifient.

9. Serge Soudoplatoff, *L’intelligence artificielle : l’expertise partout accessible à tous*, Fondation pour l’innovation politique, février 2018 ([www.fondapol.org/etude/lintelligence-artificielle-lexpertise-partout-accessible-a-tous/](http://www.fondapol.org/etude/lintelligence-artificielle-lexpertise-partout-accessible-a-tous/)).

soins. Cette révolution, qui se nomme *value based healthcare*<sup>10</sup> (« soins basés sur le résultat »), nécessite un suivi fiable qui va inévitablement entraîner une forte demande pour des solutions numériques mobiles intégrant les diverses composantes du système de santé<sup>11</sup>. Ce processus est en cours de test dans neuf États et devrait se généraliser à l'ensemble des États-Unis en 2022. Il est fort probable que tous les payeurs privés, les compagnies d'assurance essentiellement, suivent le même mouvement.

En France, le dossier médical personnalisé (DMP) a été lancé en grande pompe en 2005, mais ne s'est ouvert au public qu'en octobre 2018, malgré une somme investie de l'ordre de 210 millions d'euros jusqu'en 2011, pour seulement 56 000<sup>12</sup> utilisateurs à cette époque<sup>13</sup>. Par comparaison, en 2014 les trois quarts des médecins canadiens ont adopté l'usage de l'Electronic Medical Record (EMR)<sup>14</sup>. L'échec du DMP n'est clairement pas un défaut du concept, mais bien un problème d'exécution lié principalement à la combinaison d'un colbertisme high-tech très politisé avec le conservatisme d'une partie de la profession médicale. Cette situation est très classique : le numérique ne donne sa pleine puissance que lorsqu'il s'accompagne d'un changement de gouvernance. Trop souvent, les institutions font « comme avant » mais avec le numérique cela ne peut aboutir qu'à un trompe-l'œil.

Ce qui change la donne et qui fait que la santé va pouvoir vraiment bénéficier du numérique réside dans la conjonction de plusieurs éléments :

- l'explosion du nombre de smartphones connectés ;
- la disponibilité de capteurs connectés au plus près du corps humain ;
- la montée en puissance de la génomique ;
- l'accès à des instruments numériques extrêmement puissants, et disruptifs, par exemple l'IA, qui se nourrit des bases de données médicales de plus en plus fournies, ou la blockchain, qui permet de distribuer la confiance à bas coût ;
- les montants énormes investis par le capital-risque dans la santé numérique ;
- l'implication croissante des grands acteurs du numérique (GAFAM, IBM, etc.) dans le domaine de la santé.

10. Voir Centers for Medicare & Medical Services, « What are the value-based programs? » ([www.cms.gov/Medicare/Quality-Initiatives-Patient-Assessment-Instruments/Value-Based-Programs/Value-Based-Programs.html](http://www.cms.gov/Medicare/Quality-Initiatives-Patient-Assessment-Instruments/Value-Based-Programs/Value-Based-Programs.html)).

11. Voir Centers for Medicare & Medical Services, « CMS Takes Action to Modernize Medicare Home Health », 2 juillet 2018 ([www.cms.gov/newsroom/press-releases/cms-takes-action-modernize-medicare-home-health](http://www.cms.gov/newsroom/press-releases/cms-takes-action-modernize-medicare-home-health)).

12. Voir Apicrypt, « Bilan 2011 des statistiques de la messagerie médicale sécurisée. » (<https://www.apicrypt.org/files/communication/bilanApicem2011.pdf>)

13. Cour des comptes, « Le coût du dossier médical personnel depuis sa mise en place », communication à la commission des finances de l'Assemblée nationale, juillet 2012 ; ([www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/rapport\\_cout\\_dossier\\_medical\\_personnel.pdf](http://www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/rapport_cout_dossier_medical_personnel.pdf)). Par comparaison, LinkedIn a reçu 155 millions de dollars de financement et approche les 500 millions d'utilisateurs.

14. Roger Collier, « National Physician Survey: EMR use at 75% », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 187, n° 1, 6 janvier 2015, p. E17-E18 ([www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4284187/pdf/1870e17.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4284187/pdf/1870e17.pdf)).

Les deux premiers éléments sont fortement liés et forment la base de ce que l'on nomme la *mHealth* (« santé mobile »), qui va bien au-delà de la télémédecine. Par ailleurs, la bio-informatique est à la base de la croissance énorme de la génomique et des avancées à venir sur les traitements génétiques. Les nouvelles avancées informatiques, surtout en IA, combinées avec des bases de données, permettent maintenant d'obtenir des diagnostics de plus en plus précis. Enfin, l'injection de sommes d'argent colossales, venant surtout d'acteurs privés très importants aussi bien par les sommes apportées que par les masses de données qu'ils possèdent, va forcément avoir des retombées.

Nous ne sommes qu'au début de l'histoire. À la fin de la Renaissance, l'anatomiste André Vésale repensait totalement la physiologie et, surtout, les acquis de Galien, le grand médecin de l'époque romaine. Les médecins romains n'avaient pas le droit de disséquer des cadavres et toute la physiologie était donc basée sur l'analyse de chiens et de singes. André Vésale, lui, remit en cause cet enseignement et, surtout, changea les pratiques. Avant lui, autour des cadavres examinés dans les facultés de médecine, il y avait toujours trois personnes : celui qui découpe, le *prosector*, qui n'a pas le droit de parler ; celui qui montre, l'*ostensor*, qui ne peut que nommer mais rien de plus ; celui qui sait, le *magister*, qui seul peut diffuser le savoir. En 1543, Vésale fait paraître un traité d'anatomie humaine, *De humani corporis fabrica*, dont la gravure sur bois de la page de titre, attribuée à Titien ou à l'un de ses élèves, montre une situation différente : là où il y avait trois personnages, il n'y en a plus qu'un seul, qui découpe, nomme et analyse. La séparation du travail n'existe plus : celui qui fait est le même que celui qui sait.

Illustration de la page de titre de l'ouvrage d'André Vésale, *De humanis corpori fabrica*, Bâle, 1543.



Source : Wikipedia, domaine public.

Une révolution analogue pour notre époque, serait, en France, de supprimer la distinction entre cadres et non-cadres. Nous vivons en effet aujourd'hui la même rupture : nous sommes dans une Renaissance numérique et la santé dans le monde va grandement en profiter. Néanmoins, il est nécessaire d'éviter deux pièges : d'un côté, faire comme s'il n'y avait pas de ruptures et vouloir maintenir à tout prix les méthodes du passé ; de l'autre, imaginer que le numérique, surtout au travers de l'IA, va totalement remplacer l'être humain. Depuis le début de l'humanité, l'outil est là pour aider les humains à mieux faire leur métier. Simplet, tout comme l'a fait André Vésale, il faut changer les processus, parfois en remplaçant trois individus par un seul.

## 1. LA SANTÉ MOBILE (MHEALTH)

Les statistiques parlent de 2 milliards de smartphones dans le monde en 2018. Les pays qui étaient peu équipés en informatique traditionnelle et en accès Internet par câble ou par fibre ont, de fait, sauté cette étape et sont allés directement vers les smartphones connectés. Internet est ainsi devenu une commodité accessible dans de nombreux endroits et à faible coût grâce à une économie basée sur la mutualisation.

La santé est un secteur suffisamment important pour que l'on y trouve beaucoup d'applications mobile. Le recensement de ces applications est difficile, non pas par manque de données, mais en raison de la difficulté à circonscrire ce qu'est la « santé numérique ». Sans tomber dans le piège de la validité des médecines alternatives, débat profondément stérile<sup>15</sup>, on constate qu'il existe énormément d'applications dans la catégorie santé dont le focus est surtout centré sur le bien-être. Leur impact commençant à être mesuré, il est légitime de les considérer comme faisant partie de la santé numérique, et ce d'autant plus que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) stipule dans ses principes constitutifs que « la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité<sup>16</sup> ».

Un rapport de fin 2017 recense 318 000 applications mobile dans le domaine de la santé numérique, avec une croissance de 200 nouvelles applications par jour<sup>17</sup>. Ces applications couvrent un large spectre des domaines de la santé. Beaucoup d'entre elles se situent dans le domaine du fitness et sont souvent en tête des téléchargements. Une autre étude datant de 2017 a montré une croissance de 330 % de ces applications en l'espace de trois ans, ainsi qu'un fort taux d'engagement des utilisateurs : 26 % utilisent ces applications plus de dix fois par semaine et 25 % seulement moins d'une fois par semaine<sup>18</sup>. L'application Fitbit est ainsi utilisée par 23 millions d'utilisateurs aux États-Unis seulement<sup>19</sup>.

15. La Californie, par exemple, extrêmement favorable aux médecines alternatives, utilise très peu l'homéopathie, qui vient d'ailleurs d'être déclarée quasiment illégale par la FDA. Voir « All Homeopathic Products Now Illegal? », mercola.com, 30 janvier 2018 (<https://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2018/01/30/homeopathic-products-now-illegal.aspx>).

16. Organisation mondiale de la santé, « Constitution de l'OMS: ses principes » [1946], ([www.who.int/about/mission/fr/](http://www.who.int/about/mission/fr/)).

17. IQVIA Institute for Human Data Science, « The Growing Value of Digital Health. Evidence and Impact on Human Health and the Healthcare System », novembre 2017, p. 1 (<http://effectivenessevaluation.org/wp-content/uploads/the-growing-value-of-digital-health.pdf>).

18. Lali Kesiraju et Toby Vogels, « Health & Fitness App Users Are Going the Distance with Record-High Engagement », flurymobile.tumblr.com, 7 septembre 2017 ([flurymobile.tumblr.com/post/165079311062/health-fitness-app-users-are-going-the-distance](http://flurymobile.tumblr.com/post/165079311062/health-fitness-app-users-are-going-the-distance)).

19. Voir « Most popular health and fitness apps in the United States as of May 2018, by monthly active users (in millions) », tatista.com, 2018 ([www.statista.com/statistics/650748/health-fitness-app-usage-usa/](http://www.statista.com/statistics/650748/health-fitness-app-usage-usa/)).

Si elles veulent apporter une véritable aide personnalisée, ces applications nécessitent d'avoir accès à des données de santé. Leur forte progression vient de la combinaison de capteurs corporels, de plus en plus nombreux, et de la connexion avec le cloud, qui permet des diagnostics plus fins. De plus en plus de gens ont à leur disposition des *wearable devices*, des objets connectés au smartphone, que l'on porte sur soi. Ces objets peuvent enregistrer des données corporelles, par exemple le rythme cardiaque, envoyer ces données aux smartphones qui peuvent les traiter en local ou bien les envoyer dans le cloud. Ces données peuvent alors être stockées dans des dossiers médicaux personnalisés, voire même être envoyés à des systèmes d'IA, permettant ainsi des diagnostics en temps réel, le smartphone communiquant à l'utilisateur un état instantané de certains paramètres de santé.

En 2018, l'entreprise Fitbit, connue pour son bracelet connecté, a racheté TwinHealth, une startup ayant développé une application focalisée sur les maladies chroniques comme le diabète ou l'hypertension. Fitbit a également investi dans Sano, une autre startup qui commercialise un patch mesurant en temps réel les niveaux de glucose relié à une application qui transforme ces données en décisions à prendre. Cela illustre ce que sera le monde de demain : des capteurs mesurant des données de santé en temps réel, soit par l'intermédiaire d'objets comme des bracelets, montres, colliers (des prototypes existent), soit par des patch connectés.

En dépit de ces exemples, en 2018, la plupart des objets connectés et des applications associées restent plutôt orientés vers le bien-être, incluant des pratiques comme le yoga ou le fitness, plutôt que vers la santé au sens médical. Les premiers domaines concernés sont le diabète, pour sa détection comme pour son traitement, l'asthme, ainsi que les maladies cardiaques et pulmonaires. La généralisation de la santé mobile ferait économiser 7 milliards de dollars par an uniquement sur ces maladies<sup>20</sup>.

La possibilité pour le patient de faire lui-même ses propres mesures va croissante. Nous connaissons tous les tensiomètres connectés, mais les possibilités sont aujourd'hui plus nombreuses. Citons par exemple Butterfly IQ<sup>21</sup>, un scanner de poche permettant de faire une échographie visible sur son smartphone. Pour l'instant, aux États-Unis, seuls les médecins peuvent se le procurer, mais, étant connecté à un cloud, rien n'empêche toute personne de se faire sa propre échographie sans avoir besoin d'aller dans un laboratoire spécialisé. MobiUS<sup>22</sup> permet de réaliser la même chose. Ces instruments sont

20. Vincent Lievin, « Applications de santé mobile: une économie de 7 milliards de dollars par an », *medi-sphere.be*, 5 décembre 2017 ([www.medi-sphere.be/fr/actualites/e-health/applications-de-sante-mobile-une-economie-de-7-milliards-de-dollars-par-an.html](http://www.medi-sphere.be/fr/actualites/e-health/applications-de-sante-mobile-une-economie-de-7-milliards-de-dollars-par-an.html)).

21. Voir le site : [www.butterflynetwork.com/](http://www.butterflynetwork.com/)

22. Voir le site : [www.mobisante.com/products/product-overview/](http://www.mobisante.com/products/product-overview/)

disponibles dans d'autres domaines : AliveCor<sup>23</sup>, qui permet de faire des électrocardiogrammes ; Smart-Gluco<sup>24</sup>, qui permet de contrôler son diabète ; ou encore Tueo-Health<sup>25</sup>, qui permet de mieux gérer l'asthme chez les jeunes enfants en mesurant certains paramètres du sommeil.

Enfin, les possibilités de traitements des handicaps sont infinies, même si nous n'en sommes qu'aux balbutiements. Nous sommes néanmoins proches du moment où un smartphone pourra guider une personne aveugle dans la rue en lui proposant un trajet et en détectant les obstacles qui se présentent sur son chemin.

## 2. LA GRANDE PROMESSE DE LA GÉNOMIQUE

La génomique fait partie de ces domaines qui sont à la fois porteurs d'espoir et objets de crainte. Non seulement l'idée de pouvoir manipuler l'ADN peut sembler effectivement effrayante, mais la génomique ouvre la porte à la médecine de précision, et donc à la médecine prédictive, ce qui n'est pas encore vraiment accepté. La génomique et l'informatique ont toujours eu des liens très étroits, à la fois dans les schémas de pensée, et dans la nécessité de stocker énormément de données, ce qui est maintenant possible à peu de frais.

D'un côté, comprendre un tel système d'information relève plus particulièrement de la biologie. En ce sens, contrairement à la mécanique, les mêmes causes ne produisent pas toujours les mêmes effets. Comprendre le numérique doit forcément passer par une vision systémique, et le modèle de l'Internet n'a fait que renforcer ce sentiment. Le colbertisme high-tech fonctionne relativement bien pour construire des infrastructures, car il s'agit de mécanique, de planification, de long terme. Il est en revanche très mauvais lorsqu'il s'agit d'offrir des services qui favorisent l'explosion des usages, où le codesign avec l'utilisateur, les méthodes agiles et le modèle communautaire sont la clé. Ceci peut expliquer l'échec du DMP.

D'un autre côté, la génomique est avant tout affaire de manipulation d'information. Notre génome est un alphabet basé sur quatre lettres, qui forment un langage. Si la génétique s'intéresse aux mots de l'alphabet, la génomique s'intéresse au langage, à la structure et aux fonctions que peut supporter cet alphabet. Un génome humain est constitué de 3 milliards de

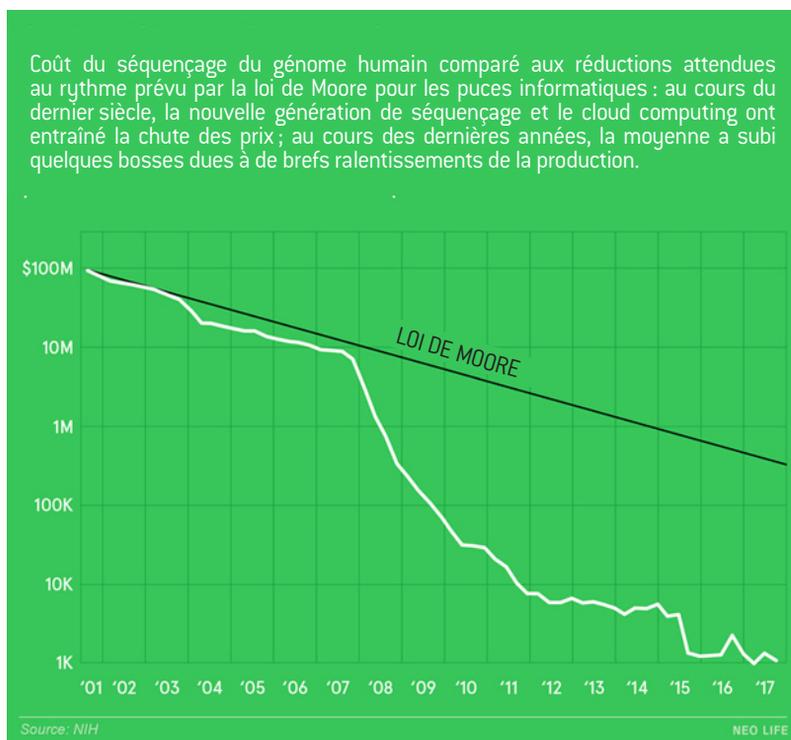
23. Voir le site : [www.alivecor.com/](http://www.alivecor.com/)

24. Voir le site : [ihealthlabs.com/glucometer/wireless-smart-gluco-monitoring-system/](http://ihealthlabs.com/glucometer/wireless-smart-gluco-monitoring-system/)

25. Voir le site : [www.tueohealth.com/](http://www.tueohealth.com/)

paires ; chaque paire étant codée sur 2 bits, cela représente 800 Mo par individu, non compressé. Par comparaison, 800 Mo est la taille d'un album de musique en haute définition. Surtout, un disque dur de 4 To vaut 120 dollars (prix grand public), donc le coût du stockage d'un génome humain est, en 2018, de 2,4 centimes... La baisse des coûts de l'informatique, liée à l'augmentation de la puissance de calcul, a eu un effet de levier énorme sur la génomique : le coût du séquençage du génome a baissé plus vite que la loi de Moore. De plus, nous voyons arriver maintenant des instruments de poche qui permettent de réaliser un séquençage génomique à domicile, tel le MinION qui se connecte via un port USB à un ordinateur pour télécharger les données, pour un coût de seulement 1 000 dollars. Ceci permet de créer des laboratoires qui feront des séquençages ADN à bas coût, partout dans le monde.

### Coût du séquençage de génome



Source : National Institute of Health.

Un centre de séquençage génomique à Pékin en 2005.



Source : [www.statnews.com/2018/10/25/a-chinese-company-unveils-a-powerful-new-sequencer-but-can-it-compete-in-the-u-s/](http://www.statnews.com/2018/10/25/a-chinese-company-unveils-a-powerful-new-sequencer-but-can-it-compete-in-the-u-s/)

Le MinION.



Source : [nanoporetech.com/products/minion](http://nanoporetech.com/products/minion)

Si la génomique est fondamentale, c'est qu'elle permet de connaître notre « logiciel » interne, et donc d'en apercevoir les bugs potentiels afin de les corriger. La génomique est importante pour guérir toute une classe de maladies, dont le cancer, mais permet aussi de traiter des déficiences cognitives, des maladies génétiques, etc.

La génomique permet aussi de faire de la médecine prédictive, même si en France, il y a toujours un débat médecine prédictive *versus* médecine curative, cette dernière étant privilégiée. Surtout, la génomique autorise la médecine de précision, là où les traitements deviennent propres à chaque individu au lieu d'être le résultat d'analyses statistiques. Car la médecine traditionnelle fait, sans le nommer, une hypothèse d'ergodicité<sup>26</sup>, c'est-à-dire que lorsqu'un médecin voit un patient, il utilise des résultats moyens d'une tranche de population ayant les mêmes caractéristiques pour effectuer son diagnostic, quand bien même toutes les trajectoires individuelles sont différentes.

Le séquençage total du génome humain a fait l'objet d'un programme international lancé en 1990, le Human Genome Project. Il s'agit du séquençage du tronc commun à tous les êtres humains, le séquençage de chaque individu faisant l'objet d'autres projets (voir *infra*). L'un des objectifs était de trouver les invariants génétiques correspondant à certains types de maladies. En parallèle de ce travail de chercheurs, une société privée, Celera Genomics, fondée par le biologiste Craig Venter, a également réalisé ce séquençage, dans l'idée de breveter certains gènes. Celera prétendait arriver au même résultat avec seulement un dixième des coûts du Human Genome Project. Mais, en 2000, le Président américain Bill Clinton et le Premier ministre britannique Tony Blair ont annoncé que le génome humain ne pourrait jamais faire l'objet de brevets, créant au passage une chute assez conséquente des valeurs boursières des industries biotech, beaucoup d'investisseurs confondant le génome, qui ne peut pas être breveté, avec certains gènes qui, comme les protéines, peuvent éventuellement l'être<sup>27</sup>. Ceci dit, Celera ayant beaucoup bénéficié de données ouvertes pour progresser dans la qualité de son séquençage, le débat reste encore ouvert.

Beaucoup d'administrations se lancent dans la constitution de bases de données individuelles de séquençage ADN. Le Royaume-Uni est le premier pays européen à avoir lancé un grand plan génomique. La première partie a séquencé 100 000 génomes de patients avec des maladies rares. En octobre 2018, le ministre de la Santé britannique a annoncé la prochaine étape : séquencer 5 millions d'individus<sup>28</sup>. Devant la crainte habituelle de confier des données génomiques à un cloud, le même ministère a lancé une campagne didactique grand public sur la médecine personnalisée<sup>29</sup>.

26. L'ergodicité est une propriété des systèmes physiques où les moyennes temporelles sont égales aux moyennes spatiales. Par exemple, dans une bonbonne de gaz, une première valeur est la moyenne de toutes les vitesses des molécules à un instant donné ; une autre valeur est la moyenne de la vitesse d'une molécule au cours du temps. Le système est ergodique lorsque les deux sont égales.

27. Ricki Lewis, « Clinton, Blair Stoke Debate on Gene Data », *the-scientist.com*, 3 avril 2000 ([www.the-scientist.com/news/clinton-blair-stoke-debate-on-gene-data-56059](http://www.the-scientist.com/news/clinton-blair-stoke-debate-on-gene-data-56059)).

28. « Secretary of State for Health and Social Care announces ambition to sequence 5 million genomes within five years », *genomicsengland.co.uk*, 2 octobre 2018 ([www.genomicsengland.co.uk/matt-hancock-announces-5-million-genomes-within-five-years/](http://www.genomicsengland.co.uk/matt-hancock-announces-5-million-genomes-within-five-years/)).

29. « Personalised medicine in the NHS: what will it mean? », 26 septembre 2016, *nhs.uk* ([www.genomicseducation.hee.nhs.uk/news/item/292-personalised-medicine-in-the-nhs-what-will-it-mean/](http://www.genomicseducation.hee.nhs.uk/news/item/292-personalised-medicine-in-the-nhs-what-will-it-mean/)).

L'Australie suit à peu près le même chemin<sup>30</sup> : le séquençage de 200 000 génomes, et une large campagne d'information grand public à venir<sup>31</sup>. La première mission est focalisée sur des maladies prénatales rares. L'Estonie a lancé en 2018 une initiative consistant à offrir le séquençage gratuit pour 100 000 résidents<sup>32</sup> afin de développer la médecine personnalisée. En France, il existe un plan Médecine génomique 2025<sup>33</sup>, dont l'un des objectifs est de séquencer 235 000 génomes par an à partir de 2020. Les États-Unis, sous l'impulsion de Barack Obama, ont lancé un plan de *precision medicine* appelé All of Us, avec constitution d'une base de données comportant 1 million de génomes. En janvier 2018, 18 000 personnes y avaient participé<sup>34</sup>. Cependant, récemment, sous l'administration Trump, le National Human Genome Research Institute (NHGRI) a vu son budget baisser de 518 à 400 millions de dollars<sup>35</sup>. D'autres pays comme le Japon, l'Islande ou l'Irlande sont en train de constituer des bases de données génétiques. L'Arabie saoudite, le Qatar et les Émirats arabes unis ont également des plans pour séquencer leur population. En Asie, le projet Genome Asia 100K<sup>36</sup> a pour objectif de séquencer 100 000 personnes venant de pays d'Asie du Sud, du Nord et de l'Est, et couvrant plusieurs spécificités ethniques. La Chine se montre très agressive sur le plan de la génomique. La construction d'un centre pouvant séquencer jusqu'à 500 000 personnes par an a été lancée à Nanjin en 2017<sup>37</sup>.

À côté de ces programmes étatiques, la génomique « grand public » est déjà disponible depuis quelques années. Des compagnies comme 23andMe ou Ancestry.com proposent de séquencer des parties du génome pour des sommes modiques. Ce ne sont pas des séquençages complets et ces entreprises n'ont pour l'instant pas le droit de révéler toutes les maladies potentielles. Néanmoins, aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) relève ces interdictions une par une. Un autre acteur américain, Veritas Genetics<sup>38</sup>, offre un séquençage complet de l'ADN, mais sur prescription médicale seulement. Cette société est installée aux États-Unis, au Canada, en Chine et en Grande-Bretagne, et s'est

30. Voir le site : [www.australiangenomics.org.au/](http://www.australiangenomics.org.au/)

31. Voir le site : <http://www.genomicsinfo.org.au/>

32. Université de Tartu-Institut de génomique, « Estonia Offers 100,000 Residents Free Genetic Testing Effort aims to develop personalized medicine in national healthcare Estonia », 20 mars 2018, [www.geenivaramu.ee/en/news/estonia-offers-100000-residents-free-genetic-testing-effort-aims-develop-personalized-medicine](http://www.geenivaramu.ee/en/news/estonia-offers-100000-residents-free-genetic-testing-effort-aims-develop-personalized-medicine)].

33. Voir Alliance pour les sciences de la vie et de la santé (Aviesan), France Médecine Génomique 2025, février 2016 [[www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2016/06/22.06.2016\\_remise\\_du\\_rapport\\_dyves\\_levy\\_-\\_france\\_medicine\\_genomique\\_2025.pdf](http://www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2016/06/22.06.2016_remise_du_rapport_dyves_levy_-_france_medicine_genomique_2025.pdf)], et ministère des Solidarités et de la Santé, « Médecine Française génomique 2025 », [solidarites-sante.gouv.fr/systeme-de-sante-et-medico-social/recherche-et-innovation/france-genomique](http://solidarites-sante.gouv.fr/systeme-de-sante-et-medico-social/recherche-et-innovation/france-genomique)].

34. Jessica Kent, « NIH Preps National Launch of "All of Us" Precision Medicine Biobank », [healthitanalytics.com](http://healthitanalytics.com/news/nih-preps-national-launch-of-all-of-us-precision-medicine-biobank), 1er février 2018 [healthitanalytics.com/news/nih-preps-national-launch-of-all-of-us-precision-medicine-biobank].

35. Voir « NHGRI FY 2018 Justification of Estimates for Congressional Appropriations Committee », [genome.gov](http://www.genome.gov/27568773/nhgri-fy-2018-congressional-justification/), 2018 [www.genome.gov/27568773/nhgri-fy-2018-congressional-justification/].

36. Voir le site : [www.genomeasia100k.com/](http://www.genomeasia100k.com/)

37. Gu Liping, « China to create gigantic DNA database », [ecns.cn](http://ecns.cn), 31 octobre 2017 [www.ecns.cn/2017/10-31/279069.shtml].

38. Voir le site : [www.veritasgenetics.com/about-veritas](http://www.veritasgenetics.com/about-veritas)

implantée récemment en Espagne. Elle vient de signer un partenariat avec Genomenon, une entreprise spécialisée dans l'IA au service de l'interprétation du génome. Leur objectif est de descendre au-dessous des 1 000 dollars pour un séquençage complet du génome.

Enfin, il faut regarder de très près ce que fait iCarbonx<sup>39</sup>, une entreprise chinoise de génomique fondée par Jun Wang, ancien CEO de l'Institut de génomique de Pékin. Cette société agrège des données dans le but d'offrir aux patients des meilleures solutions de santé. Son nom est une combinaison du « i » de Internet, du mot « carbone », élément fondamental de la vie et du X pour rappeler l'intelligence artificielle. Fondée en 2015, elle a levé 200 millions de dollars, pour une valeur aujourd'hui estimée à plus d'un milliard de dollars.

En France, il y a une énorme ambiguïté sur la possibilité de faire séquencer son génome par de telles sociétés<sup>40</sup>. La loi bioéthique de 2004 modifie ainsi l'article 226-25 du Code pénal de cette façon : « Le fait de procéder à l'examen des caractéristiques génétiques d'une personne à des fins autres que médicales ou de recherche scientifique, ou à des fins médicales ou de recherche scientifique, sans avoir recueilli préalablement son consentement dans les conditions prévues par l'article 16-10 du code civil, est puni d'un an d'emprisonnement et de 15 000 EUR d'amende<sup>41</sup>. » On peut penser qu'une personne qui fait le geste de connaître son propre génome est consentante, la virgule du texte impliquant que ce consentement s'applique à la fois à des fins médicales et non médicales. Ceci dit, même si les autorités françaises voulaient renforcer l'interdiction, cela risquerait de n'être qu'une « e-ligne Maginot » de plus.

Lorsque le phénomène de séquençage sera devenu commun, l'autre vrai risque est de voir se répéter un effet GAFAM, c'est-à-dire un effet de méfiance qui concernerait cette fois non plus les données sociologiques (ce qu'on achète) ou émotionnelles (ce qu'on aime), fournies gratuitement et abondamment, mais bien l'ADN des utilisateurs, que ceux-ci paient pour obtenir. Ces entreprises accumulent en effet un trésor : les données génétiques de toute une population. Rien ne les empêche de les revendre à des laboratoires pharmaceutiques ou bien de les donner à des chercheurs universitaires, ce qu'elles font également. Genentech, un des pionniers de la biotechnologie, a ainsi passé un contrat de 60 millions de dollars en 2015 avec 23andMe pour avoir accès à des données de patients atteints de la maladie de Parkinson<sup>42</sup>. Une solution à ce problème passe par des places de marché où la confiance s'installera, basées

39. Voir le site : [www.icarbonx.com/en/](http://www.icarbonx.com/en/)

40. Catherine Coste, « Pourquoi la médecine prédictive reste fermée aux Français », [medium.com](https://medium.com), 28 octobre 2018.

41. Loi n° 2004-800 du 6 août 2004 relative à la bioéthique, Journal officiel, 7 août 2004, art. 4-III ([www.legifrance.gouv.fr/lo/lo\\_pdf.do?id=JORFTEXT000000441469](http://www.legifrance.gouv.fr/lo/lo_pdf.do?id=JORFTEXT000000441469)).

42. Matthew Herper, « Surprise! With \$60 Million Genentech Deal, 23andMe Has A Business Plan », [forbes.com](https://forbes.com), 6 janvier 2015.

sur une technologie supportant la confiance communautaire : la blockchain<sup>43</sup>. Plusieurs startups sont positionnées sur ce créneau : LunaDNA<sup>44</sup>, créée par des vétérans de la génomique ; Nebula Genomics<sup>45</sup>, qui offre des crypto currencies en échange de votre séquençage ADN ; Zenome<sup>46</sup>, en Russie ; DNAtix<sup>47</sup>, en Israël ; Shivom, aux États-Unis<sup>48</sup> ; ou encore EncrypGen<sup>49</sup>, une plateforme conçue comme un marché de transactions où des *tokens* (« jetons ») font office de monnaie d'échange entre acheteurs et vendeurs de données ADN. Ces structures ont toutes un point commun : le patient est propriétaire de ses informations et peut choisir de les donner ou de les vendre à qui il souhaite (centre de recherche scientifique, hôpital, laboratoire...).

Enfin, signalons un autre projet grandiose : le Earth Biogenome Project, qui a pour objectif de faire le séquençage génomique de tout le vivant qui contient des cellules eucaryotes sur la Terre (animaux, plantes, champignons) en moins de dix ans<sup>50</sup>. Des centres de recherche du monde entier participent à ce programme.

43. Yves Caseau et Serge Soudoplatoff, *La Blockchain, ou la confiance distribuée*, Fondation pour l'innovation politique, juin 2016  
[[www.fondapol.org/etude/yves-caseau-et-serge-soudoplatoff-la-blockchain-ou-la-confiance-distribuee/](http://www.fondapol.org/etude/yves-caseau-et-serge-soudoplatoff-la-blockchain-ou-la-confiance-distribuee/)].

44. Voir le site : [www.lunadna.com/](http://www.lunadna.com/)

45. Voir le site : [www.nebula.org/](http://www.nebula.org/)

46. Voir le site : [zenome.io/](http://zenome.io/)

47. Voir le site : [www.dnatix.com/](http://www.dnatix.com/)

48. Voir le site : [shivam.io/](http://shivam.io/)

49. Voir le site : [encrypgen.com/](http://encrypgen.com/)

50. [www.earthbiogenome.org/goals/](http://www.earthbiogenome.org/goals/)

### 3. LES GRANDS ACTEURS DU NUMÉRIQUE

L'importance du marché de la santé numérique, estimé à 223,7 milliards de dollars en 2023<sup>51</sup>, ne pouvait pas laisser indifférents les géants du numérique que sont Amazon, Apple et Google.

#### Amazon

En rachetant PillPack<sup>52</sup>, Amazon est devenu distributeur de produits pharmaceutiques. En parallèle, le géant du net s'est posé la question d'être hébergeur de données de santé et a recherché comment son interface vocale Alexa pourrait concurrencer directement le moteur de recherche Google. Alexa n'en est qu'au début de son histoire<sup>53</sup>, mais sa progression a été de 50 % dans les trois premiers mois de 2018. Très clairement, Amazon souhaite faire d'Alexa l'entrée principale concernant les problèmes de santé. En 2017, la firme a créé l'Alexa Diabetes Challenge (« challenge Alexa pour le diabète ») en partenariat avec Merck. Le gagnant, Sugarpod<sup>54</sup>, propose un suivi des activités des patients atteints de diabète type 2. En octobre 2018, Amazon vient de déposer un brevet pour un système de détection de problèmes physiques ou émotionnels au travers de la voix. L'idée est que l'enceinte intelligente Echo, lorsque l'occupant d'une maison parle, détecte si celui-ci a des problèmes physiques potentiels. Enfin, des applications comme KidsMD, développée par le Boston Children's Hospital, ou Mayo Clinic First Aid, donnent des conseils de santé générale ou de médication.

On perçoit que la stratégie d'Amazon s'exprime pour l'instant sur plusieurs axes, avec un fort focus sur Alexa avec la création, en 2018, d'une division santé<sup>55</sup>, mais également sur la possibilité de vendre des médicaments au grand public via son site Web ou des drugstores de sa chaîne WholeFoods, et également aux hôpitaux, fort de son expérience en logistique.

Amazon a mené un partenariat intéressant avec JPMorgan Chase pour offrir une assurance de qualité à ses propres employés. Enfin, la firme a un projet

51. Voir « Digital Health Market Size to Reach \$223.7 billion by 2023: P&S Intelligence », [globenewswire.com](https://globenewswire.com), 2 octobre 2018 [[globenewswire.com/news-release/2018/10/02/1588336/0/en/Digital-Health-Market-Size-to-Reach-223-7-billion-by-2023-P-S-Intelligence.html](https://globenewswire.com/news-release/2018/10/02/1588336/0/en/Digital-Health-Market-Size-to-Reach-223-7-billion-by-2023-P-S-Intelligence.html)].

52. Paul R. La Monica, « Amazon buys online pharmacy PillPack », [cnn.com](https://money.cnn.com), 28 juillet 2018 [[money.cnn.com/2018/06/28/news/companies/amazon-pillpack-pharmacy-drugstore/index.html](https://money.cnn.com/2018/06/28/news/companies/amazon-pillpack-pharmacy-drugstore/index.html)].

53. Fin 2017, 11 % des foyers américains étaient équipés d'Alexa, 4 % de Google Home. Voir NPR/Edison Research, *The Smart Audio Report*, 2018 [[www.nationalpublicmedia.com/wp-content/uploads/2018/01/The-Smart-Audio-Report-from-NPR-and-Edison-Research-Fall-Winter-2017.pdf](https://www.nationalpublicmedia.com/wp-content/uploads/2018/01/The-Smart-Audio-Report-from-NPR-and-Edison-Research-Fall-Winter-2017.pdf)].

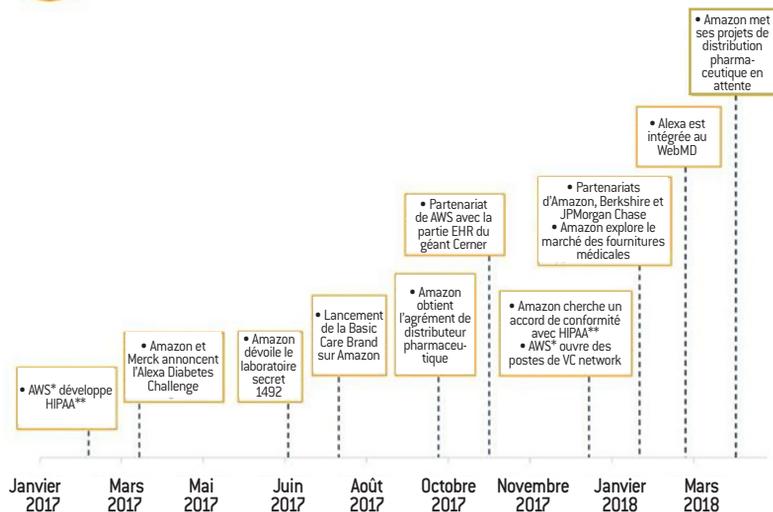
54. Voir « And our winner is... Sugarpod by Wellpepper! », [alexadiabeteschallenge.com](https://alexadiabeteschallenge.com), 16 octobre 2017 [[www.alexadiabeteschallenge.com/winner-sugarpod-wellpepper/](https://www.alexadiabeteschallenge.com/winner-sugarpod-wellpepper/)].

55. Nicky Lineaweaver, « Digital Health Briefing: Amazon is building a health team for Alexa a HLTH conference roundup a Job-search app for healthcare adds full-time positions », [businessinsider.fr](https://businessinsider.fr), 14 mai 2018 [[www.businessinsider.fr/us/digital-health-briefing-amazon-is-building-a-health-team-for-alexa-hlth-conference-roundup-job-search-app-for-healthcare-adds-full-time-positions-2018-5](https://www.businessinsider.fr/us/digital-health-briefing-amazon-is-building-a-health-team-for-alexa-hlth-conference-roundup-job-search-app-for-healthcare-adds-full-time-positions-2018-5)].

secret, nommé 1492, dont on sait peu de choses si ce n'est qu'a été placé à sa tête l'ancien Chief Health Informatics Officer de la FDA, le docteur Tareq Kass Hout, spécialiste, entre autres, de la médecine de précision.

Le calendrier des innovations d'Amazon dans le domaine de la santé

## amazon Healthcare Timeline



\* AWS : Amazon Web Services (équivalent du DMP)  
 \*\* HIPAA : Health Insurance Portability and Accountability Act  
 \*\*\* EHR : Electronic Health Record

Sources : Amazon, CNBC, Reuters, The Wall Street Journal, 2018

## Apple

Apple a depuis longtemps intégré l'acquisition de données de santé dans son iPhone, en profitant de la disponibilité dans le smartphone d'un GPS et d'un accéléromètre. Des paramètres comme le nombre de pas parcourus ou le nombre d'étages montés sont automatiquement enregistrés. Apple est également très important dans le champ des applications connectées. En sus de l'iPhone, l'Apple Watch est également utilisée pour capter des données et, depuis janvier 2018, elle permet de faire des mesures cardiaques. Une étude de l'université de Californie a montré qu'un système d'IA connecté à la montre permettrait de détecter des crises cardiaques<sup>56</sup>.

56. Voir Scott Maier, « Smartwatch Effective in Detecting Atrial Fibrillation », ucsf.edu, 21 mars 2018 ([www.ucsf.edu/news/2018/03/410066/smartwatch-effective-detecting-atrial-fibrillation](http://www.ucsf.edu/news/2018/03/410066/smartwatch-effective-detecting-atrial-fibrillation)).

Toutes ces applications envoient des données qui constituent ainsi un tableau de bord de la santé individuelle pour l'utilisateur. Depuis iOS 12, Apple a franchi un pas en donnant des conseils à l'utilisateur sur la quantité de temps passé devant l'écran, essentiellement pour répondre à l'accusation selon laquelle ses produits rendraient dépendants<sup>57</sup>. Le partenariat d'Apple avec la startup Health Gorilla est la clé de voûte de sa stratégie. Cette startup est en effet un agrégateur de données de santé qui permet aux médecins d'accéder avec simplicité depuis leur smartphone à ces données venant de diverses sources, des DMP par exemple<sup>58</sup>.

Apple met également à disposition des développeurs d'applications dans le domaine de la santé des kits d'intégration à ses smartphones, le ResearchKit et le CareKit<sup>59</sup>. Ce cadre technique permet de faire communiquer toute application avec la partie santé du smartphone, avec iCloud, et aussi de fournir des données à des chercheurs en vue d'études cliniques.

Apple couvre maintenant un spectre complet allant du bien-être à la santé, comprenant la captation de données à l'IA et au cloud et l'affichage de ces données de santé. En y ajoutant sa capacité à délivrer des expériences très bien pensées pour les utilisateurs, on peut imaginer que ce n'est qu'un début.

## Google

Google investit énormément dans les technologies de la santé, *via* GV (anciennement Google Ventures), qui a investi dans une soixantaine d'entreprises de la HealthTech, dont beaucoup travaillent dans le domaine de la biologie et du numérique, y compris 23andMe ; Oscar<sup>60</sup>, qui se veut l'entreprise disruptive du système d'assurance ; Doctor on Demand<sup>61</sup>, qui offre des solutions de télémédecine ; Flatiron<sup>62</sup>, une plateforme offrant des services aux personnes atteintes de cancer, et Freenome<sup>63</sup>, une entreprise qui construit un système de détection des cancers en utilisant l'IA et qui a également reçu un investissement de Verily<sup>64</sup>, une filiale directe d'Alphabet, la maison mère de Google. Verily regroupe des équipes pluridisciplinaires comprenant des médecins, des biologistes, des ingénieurs et des philosophes, pour faire de la médecine de précision. Verily est producteur à la fois de hardware et de software, et a reçu à ce jour 800 millions de dollars d'investissement.

57. Sarah Perez, « Apple to launch its own 'digital health' features in iOS 12, says report », [techcrunch.com](https://techcrunch.com/2018/06/01/apple-to-launch-its-own-digital-health-features-in-ios-12-says-report/), mars 2018

58. Voir « Apple announces effortless solution bringing health records to iPhone », [apple.com](https://apple.com/newsroom/2018/01/apple-announces-effortless-solution-bringing-health-records-to-iphone/), 24 janvier 2018 (www.apple.com/newsroom/2018/01/apple-announces-effortless-solution-bringing-health-records-to-iphone/).

59. Voir le site : [www.apple.com/researchkit/](http://www.apple.com/researchkit/)

60. Voir le site : [www.hioscar.com](http://www.hioscar.com)

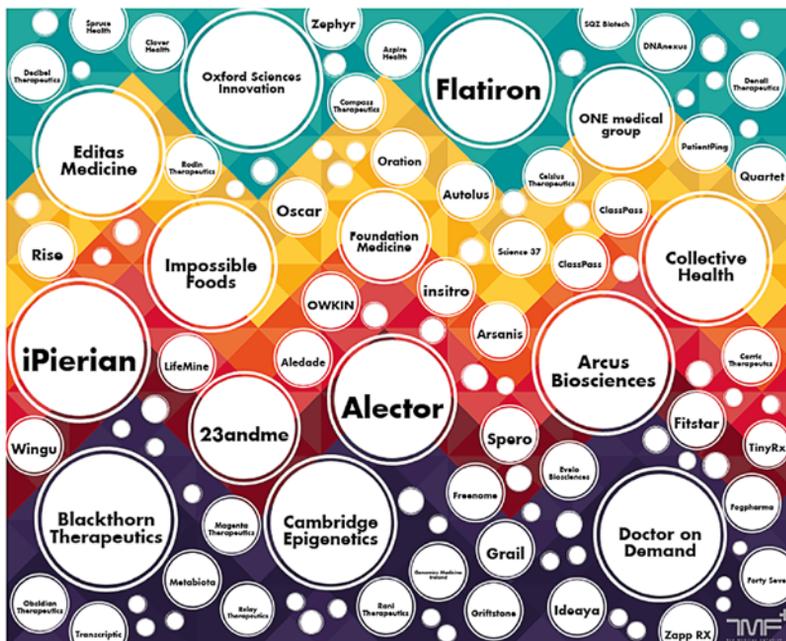
61. Voir le site : [www.doctorondemand.com/](http://www.doctorondemand.com/)

62. Voir le site : [flatiron.com/](http://flatiron.com/)

63. Voir le site : [www.freenome.com/](http://www.freenome.com/)

64. Voir le site : [verily.com/](http://verily.com/)

## Les investissements d'Alphabet dans la santé



Source : [medicalfuturist.com/googles-masterplan-for-healthcare](http://medicalfuturist.com/googles-masterplan-for-healthcare)

Devant l'accroissement des initiatives de santé numérique, les grands acteurs du numérique ont décidé de promouvoir un standard d'interopérabilité des données de santé<sup>65</sup>. Ce mouvement va dans le sens d'un meilleur partage de toutes les informations et ouvre la voie vers une plus grande efficacité des systèmes de santé. Mark Zuckerberg et sa femme Priscilla Chan ont lancé la Chan Zuckerberg Initiative, qui devrait recevoir 99 % de la fortune du fondateur de Facebook (estimée à plus de 40 milliards de dollars), et parmi ses projets figure le *Human Cell Atlas* qui espère cartographier l'ensemble des cellules du corps humain<sup>66</sup>.

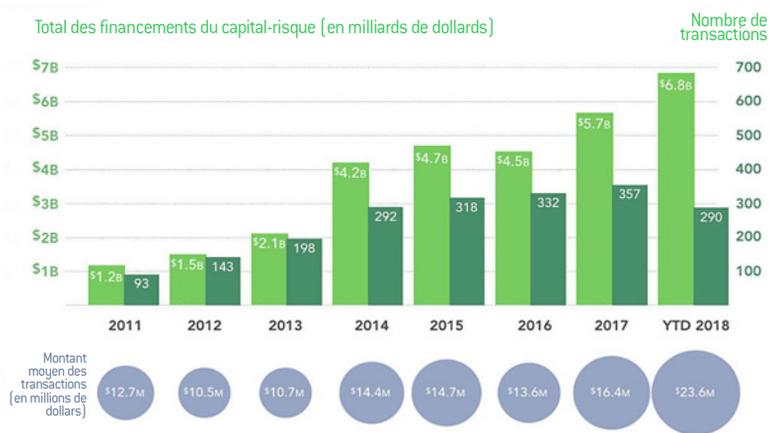
65. Voir « Tech Industry Looks to Improve Healthcare Through Cloud Technology », itic.org, 13 août 2018 ([www.itic.org/news-events/news-releases/tech-industry-looks-to-improve-healthcare-through-cloud-technology](http://www.itic.org/news-events/news-releases/tech-industry-looks-to-improve-healthcare-through-cloud-technology)).

66. Voir le site : [chanzuckerberg.com/science/programs-resources/humancellatlas/](http://chanzuckerberg.com/science/programs-resources/humancellatlas/)

## 4. LES INVESTISSEMENTS DANS LA SANTÉ NUMÉRIQUE

Entre janvier et novembre 2018, quelque 6,8 milliards de dollars ont été investis dans la santé numérique, sur 290 projets.

### Le financement de la santé numérique



Source : Rock Health Funding Data Base

Note : N'inclut que les transactions américaines supérieures à 2 millions de dollars, données jusqu'au 30 septembre 2018.

L'année 2018 a marqué un basculement vers le financement de projets supportant les soins à domicile mais dans une intégration avec le milieu hospitalier. Aux États-Unis, 15 % des seniors de plus de 65 ans retournent à l'hôpital dans les trente jours suivant leur sortie<sup>67</sup>, ce qui représente un coût énorme. Il y a beaucoup de potentiel économique dans des systèmes qui empêchent ces réadmissions, donc qui assurent la continuité des soins entre les divers acteurs : hôpitaux, hospices, médecins généralistes, soins à domicile. Cette continuité passe par un système informatique permettant le partage des données médicales et le suivi de l'évolution des patients.

Les thérapies numériques ont aussi le vent en poupe. L'entreprise Pear Therapeutics a reçu 46 millions de dollars en 2018. Akili en a reçu 68 millions (voir *infra*). D'autres entreprises, comme Virta Health (traitement du Diabète), Hinge Health (problèmes de genoux) ou bien Click Therapeutics (arrêt du tabac, syndromes coronaires, insomnies, etc.), ont également reçu des

67. Source : [www.americashealthrankings.org/explore/senior/measure/hospital\\_readmissions\\_sr/state/ALL](http://www.americashealthrankings.org/explore/senior/measure/hospital_readmissions_sr/state/ALL)

financements conséquents. Toutes ont en commun le même objectif : l'abandon des médicaments pour traiter certains types de maladie. Les laboratoires pharmaceutiques en sont bien conscients, et mènent souvent des partenariats, voire investissent dans de telles entreprises. Sanofi Ventures a ainsi investi 17 millions de dollars dans Click Therapeutics<sup>68</sup>.

En sus du capital-risque, les ICO (Initial Coin Offering<sup>69</sup>) commencent maintenant à intéresser le domaine de la santé. Le site Track IO recense 103 ICO dans ce domaine<sup>70</sup>. Comme souvent dans les ICO, ce sont des systèmes basés sur des blockchains qui sont proposés.

## 5. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LA SANTÉ

L'IA devient incontournable. De par sa capacité à ingurgiter des millions de données et de par la capacité des algorithmes à faire du *deep learning* de qualité, les systèmes d'IA<sup>71</sup> sont maintenant capables de réaliser des diagnostics médicaux là où des médecins peuvent se tromper. Baidu, en Chine, a développé une IA qui effectue un diagnostic de cancer du sein à partir d'analyse d'images de cellules cancéreuses, avec des taux de succès supérieurs à ceux des pathologistes<sup>72</sup>.

Dans le domaine de la radiologie, l'IA est ultraperformante. Par exemple, grâce à elle, les cancers du poumon peuvent maintenant être détectés avec plus de précision. Un article récent a recensé les applications de l'IA à la radiologie<sup>73</sup> et on peut penser que la profession de radiologue aura grandement intérêt à se réformer afin d'adopter ces outils puissants si elle ne veut pas disparaître.

De manière plus générale, tout ce qui nécessite une analyse d'image, par exemple la dermatologie ou l'ophtalmologie, a énormément progressé grâce à l'IA. On trouve maintenant des applications sur smartphone qui, à partir d'une photo de la peau, peuvent détecter des risques de cancer : DermEngine<sup>74</sup>,

68. Voir le site : [www.clicktherapeutics.com/](http://www.clicktherapeutics.com/)

69. Une ICO est une méthode de levée de fonds. C'est une opération qui consiste à offrir des services prépayés sous forme de jetons, lesquels peuvent être utilisés ou négociés sur une place de marché. Par exemple, si Air France faisait une IPO (Initial Public Offering, introduction en Bourse), elle vendrait des parts dans la compagnie ; si elle faisait une ICO, elle vendrait des miles.

70. [www.trackico.io/5/?category=health-medicine](http://www.trackico.io/5/?category=health-medicine)

71. Wang Xiaodong, « AI defeats top doctors in competition », [chinadaily.com.cn](http://chinadaily.com.cn), 2 juillet 2018.

72. Voir Khari Johnson, « Baidu Research's breast cancer detection algorithm outperforms human pathologists », [venturebeat.com](http://venturebeat.com), 18 juin 2018 [<https://venturebeat.com/2018/06/18/baidu-researchs-breast-cancer-detection-algorithm-outperforms-human-pathologists/>].

73 . Ahmed Hosny, Chintan Parmar, John Quackenbush, Lawrence H. Schwartz et Hugo J.W.L. Aerts, « Artificial intelligence in radiology », *Nature Reviews Cancer*, vol. 18, no 8, août 2018, p. 500-510.

74. Voir le site : [www.dermengine.com/fr/](http://www.dermengine.com/fr/)

développée par MetaOptima en Australie, SkinVision<sup>75</sup>, skinIO<sup>76</sup>, etc. Il faut noter que ces applications sont également destinées aux cabinets médicaux et concourent à soulager le travail des médecins.

On voit même apparaître des concours de diagnostic entre médecins et systèmes d'IA. En juillet 2018, en Chine, une équipe de quinze médecins, venant des plus grands hôpitaux chinois, s'est comparée à un système d'IA développé par un centre de recherche sur les problèmes neurologiques. La compétition portait sur deux sujets : le diagnostic de tumeurs cérébrales et la prédiction de l'expansion d'hématomes dans le cerveau, à partir d'images. Les médecins ont eu raison dans 66 % des cas, en trente minutes ; l'IA a eu raison dans 87 % des cas, en quinze minutes. Une autre compétition a porté sur le diagnostic de maladies respiratoires. Sur certains types particuliers de maladies, l'IA a eu 100 % de succès contre 30 à 70 % pour les médecins. Sur d'autres, les médecins ont mieux performé<sup>77</sup>.

En Grande-Bretagne, la Première ministre britannique Theresa May a annoncé en 2018 un plan de dix ans pour que le ministère de la Santé développe un système d'intelligence artificielle qui permettra de détecter les cancers très en amont, et ainsi de réduire fortement la mortalité<sup>78</sup>. Le potentiel de l'IA se déploie au-delà de l'analyse d'image. Le Danemark a ainsi mis en place un système d'aide au diagnostic de crise cardiaque pour les répondants d'appels d'urgence : lorsqu'une personne appelle, le système d'IA écoute en temps réel le son de la voix, y compris ses aspects émotionnels, les bruits de fond, et aide l'agent à prendre une décision bien plus rapidement<sup>79</sup>. Un tel système aurait sûrement permis au Samu de Strasbourg d'éviter une situation comme celle qu'il a connue fin 2017<sup>80</sup>.

IBM est très impliqué dans l'usage de l'IA pour la santé à travers son système Watson. Pour l'instant, en termes de diagnostic, les résultats semblent montrer une égalité avec les médecins. Néanmoins, les systèmes d'IA sont bien plus puissants que les humains pour ingurgiter des pages entières de données. Il semble maintenant acquis que les médecins effectueront de plus en plus leurs diagnostics en utilisant des systèmes d'IA disponibles au travers du réseau. Ceci permettra surtout d'améliorer une situation qui fait l'objet actuellement d'une *omerta* : les erreurs de diagnostic. Dans un monde de plus en plus complexe

75. Voir le site : [www.skinvision.com](http://www.skinvision.com)

76. Voir le site : [skinio.com/](http://skinio.com/)

77. Luu-Ly Do-Quang, « L'intelligence artificielle plus performante que des médecins dans le diagnostic de maladies respiratoires », [ticpharma.com](http://ticpharma.com), 24 septembre 2018 [[www.ticpharma.com/story.php?story=712](http://www.ticpharma.com/story.php?story=712)].

78. « Theresa May's commitment to diagnosing cancers earlier is great news. She'll need more NHS staff to get there », [cancerresearchuk.org](http://cancerresearchuk.org), 3 octobre 2018 [[scienceblog.cancerresearchuk.org/2018/10/03/theresa-mays-commitment-to-diagnosing-cancers-earlier-is-great-news-shell-need-more-nhs-staff-to-get-there/](http://scienceblog.cancerresearchuk.org/2018/10/03/theresa-mays-commitment-to-diagnosing-cancers-earlier-is-great-news-shell-need-more-nhs-staff-to-get-there/)].

79. Axel, « Détecter les crises cardiaques lors d'appels d'urgence grâce à l'IA », [innovant.fr](http://innovant.fr), 17 janvier 2018.

80. Anne-Carole Bensadon et Juliette Roger, « Enquête sur les circonstances ayant conduit au décès d'une jeune patiente suite aux sollicitations du Samu de Strasbourg le 29 décembre 2017 », Inspection générale des affaires sociales, juin 2018 [[www.igas.gouv.fr/IMG/pdf/2018-061R-Rapport\\_definitif.pdf](http://www.igas.gouv.fr/IMG/pdf/2018-061R-Rapport_definitif.pdf)].

et de plus en plus rapide, les personnels médicaux sont soumis à une forte pression. Aux États-Unis, une étude de 2016<sup>81</sup> parle de 251 000 morts par an suite à des erreurs de diagnostic. C'est la troisième cause de décès, après les problèmes cardiaques (611 000) et les cancers (585 000). D'ailleurs, si le coût d'une consultation généraliste y est si élevé, c'est parce que le médecin doit prendre une assurance qui lui coûte très cher pour éviter les éventuels procès. En France, il est extrêmement difficile d'obtenir des chiffres sur ce sujet. L'arrivée d'outils basés sur l'IA devrait avoir un effet positif, en déchargeant les médecins d'un stress inutile et en leur permettant de mieux faire face à la pression d'un monde complexe.

Une question intéressante porte sur l'importance de l'intuition, ce qu'aucun système d'intelligence artificielle ne sait faire, puisqu'ils sont basés pour l'instant, sur des données du passé. Mais l'intuition n'est-elle pas ce que l'humain sait très bien faire quand il n'y a pas de données disponibles ? On voit peut-être se dessiner le médecin de demain : usage de l'IA lorsque les données sont présentes, combiné avec de l'intuition lorsque les données sont absentes. Ce qu'on constate est qu'il n'y a pas *une* IA qui résoudra tout, mais *des* IA qui résoudront des problèmes locaux, basées sur des données contextuelles.

Dans la Russie profonde des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, lorsque le médecin donnait des médicaments aux moujiks, il arrivait que ceux-ci les mettent derrière une icône religieuse au lieu de les avaler, puis prient, avec, dans certains cas, un résultat à peu près analogue à la prise de médicament. Par ailleurs, des infirmières ont un jour expliqué à un pneumologue de l'université de Nice que ce qu'il disait aux patients était incompréhensible ; il a alors établi un protocole : avec la moitié de ses patients, il se comportait comme d'habitude, avec l'autre moitié il passait du temps à leur expliquer comment fonctionnait le poumon. Au bout de six mois, la seconde catégorie était guérie, alors que la première avait encore des problèmes... Ces deux récits montrent, s'il en était besoin, l'importance de la psychologie et de la présence d'un être humain dans le processus thérapeutique. Ce qui nous amène à aborder un énorme champ de progrès : les thérapies numériques.

81. Voir « Medical error—the third leading cause of death in the US », [soundcloud.com, 2016](https://soundcloud.com/2016/01/16/medical-error-the-third-leading-cause-of-death-in-the-us) ([soundcloud.com/bmj/podcasts/medical-error-the-third-leading-cause-of-death-in-the-us](https://soundcloud.com/bmj/podcasts/medical-error-the-third-leading-cause-of-death-in-the-us)).

## 6. LES THÉRAPIES NUMÉRIQUES

Les problèmes de type Alzheimer, troubles post-traumatiques, autisme, stress, épilepsie, schizophrénie, phobies, bipolarité ainsi que d'addictions (alcool, drogue), enfin d'une manière générale tout ce qui se joue dans le cerveau, que ce soit cognitif ou émotionnel, représentent une part importante de la santé. Les traitements médicamenteux habituels rencontrent souvent le problème de la négation : le cerveau tend à nier que le cerveau a un problème, et donc le médicament n'est plus pris, ce qui entraîne une rechute qui peut être encore plus violente. Un énorme champ de progrès résulte d'approches de type réalité virtuelle ou augmentée, mais aussi de tout ce que le numérique peut apporter, soutenu par des analyses cliniques et par les progrès des neurosciences.

Des entreprises sont déjà bien engagées sur le sujet des thérapies digitales et nous avons montré dans le chapitre consacré au capital-risque, qu'elles avaient reçu de sérieux investissements. Pear Therapeutics développe ainsi un ensemble de thérapies numériques qui suivent toutes un processus rigoureux, allant de la découverte à la validation par la FDA.

### Le portefeuille de Pear Therapeutics

Produits/ Entreprises	Domaine thérapeutique	Stades					Partenaires académiques	Partenaires commerciaux
		Découverte	Conception du produit	Prescription FDA	Études pivot	Soumission FDA		
reSET*	Troubles liés à l'usage de substances (drogue, alcool...)						DARTMOUTH	SANDOZ <small>a Novartis company</small>
reSET-O™	Troubles liés à l'usage d'opiacés						DARTMOUTH	SANDOZ <small>a Novartis company</small>
PEAR-003	Insomnie/ Dépression							
PEAR-004	Schizophrénie							NOVARTIS
DISCOVERY	Traumatismes crâniens							
DISCOVERY	Épilepsie							
reCALL™	Troubles post-traumatiques							
DISCOVERY	Maladie de Parkinson							
PEAR-006	Scléroses en plaques							NOVARTIS
DISCOVERY	Troubles du spectre autistique							
DISCOVERY	Oncologie, infections, maladies cardio-vasculaires, maladies de l'appareil digestif, maladies respiratoires							

■ en partenariat     ■ en interne

Source : [peartherapeutics.com/science/product-pipeline/](http://peartherapeutics.com/science/product-pipeline/)

On voit deux grandes catégories se dégager : ce qui concerne les addictions et ce qui concerne le neuronal, schizophrénie, épilepsie, syndrome de stress post-traumatique (SSPT), etc. En septembre 2017, l'application reSET, qui permet de traiter les addictions fortes à certaines substances (alcool, marijuana, cocaïne), a été la première thérapie numérique à être agréée par la FDA<sup>82</sup>, sur la base d'études cliniques qui en ont démontré la pertinence. Akili développe des thérapies numériques sur des sujets comme la dépression, l'autisme ou la sclérose multiple. La société a développé, entre autres, un jeu vidéo, en cours d'agrément par la FDA, qui permet de réduire les troubles du déficit de l'attention<sup>83</sup>. Elle vient également de passer un partenariat avec le laboratoire Neuroscape, de l'université de Californie, dirigé par Adam Gazzaley, afin de développer d'autres jeux basés sur une analyse scientifique de ce qui se passe dans le cerveau lors de séances de jeux vidéo, ce qui est la spécialité de ce laboratoire. La réalité virtuelle a déjà fait ses preuves dans plusieurs domaines, et ce depuis quelques années, notamment dans le domaine des problèmes mentaux<sup>84</sup>.

La réalité virtuelle en médecine a plusieurs usages : la simulation (plutôt utilisée en chirurgie, le médecin étant celui qui porte les lunettes), le traitement de certains stress cognitifs, et l'interaction (plutôt utilisée dans la médecine comportementale, le patient étant alors celui qui porte les lunettes)<sup>85</sup>. Une étude clinique a montré que la réalité virtuelle pouvait aider à réduire la douleur de patients hospitalisés<sup>86</sup>. Il leur était projeté des images de lieux naturels reposants, comme des baleines dans l'océan ou bien des cols au-dessus de l'Islande, et l'étude a montré que des images fixes pouvaient avoir le même effet, mais à moindre dose. Il se pourrait que l'immersion dans un monde virtuel soit une forme d'hypnose.

Dans le champ de la réalité virtuelle, nous trouvons des startups comme MyndVR<sup>87</sup> qui s'intéresse aux seniors ; Floreo<sup>88</sup>, qui s'intéresse à l'autisme ; VRHealth<sup>89</sup>, qui s'intéresse à tout ce qui concerne la douleur ; VisitU<sup>90</sup>, qui offre aux patients des hôpitaux une manière de rester en contact avec leur

82. FDA, « FDA permits marketing of mobile medical application for substance use disorder », [fda.gov](http://fda.gov), 14 septembre 2017 ([www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm576087.htm](http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm576087.htm)).

83. Voir Ben Fidler, « First Video Game Therapy Heads to FDA as Akili Touts ADHD Study Win », [xconomy.com](http://xconomy.com), 4 décembre 2017 ([xconomy.com/boston/2017/12/04/first-video-game-therapy-heads-to-fda-as-akili-touts-win-in-adhd-study/](http://xconomy.com/boston/2017/12/04/first-video-game-therapy-heads-to-fda-as-akili-touts-win-in-adhd-study/)).

84. Voir Kalpana Srivastava, R.C. Das et S. Chaudhury, « Virtual reality applications in mental health: Challenges and perspectives », *Industrial Psychiatry Journal*, vol. 23, n° 2, juillet-décembre 2014, p. 83-85 ([www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4361984/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4361984/)).

85. Voir « Healthcare Gets a Dose of Virtual Reality », [digitalhealthtoday.com](http://digitalhealthtoday.com), 23 mai 2018 ([digitalhealthtoday.com/blog/healthcare-gets-a-dose-of-virtual-reality/](http://digitalhealthtoday.com/blog/healthcare-gets-a-dose-of-virtual-reality/)).

86. Soshea Leibler, « Cedars-Sinai Study Finds Virtual Reality Therapy Helps Decrease Pain in Hospitalized Patients », [cedars-sinai.org](http://cedars-sinai.org), 29 mars 2017 ([www.cedars-sinai.org/newsroom/cedars-sinai-study-finds-virtual-reality-therapy-helps-decrease-pain-in-hospitalized-patients/](http://www.cedars-sinai.org/newsroom/cedars-sinai-study-finds-virtual-reality-therapy-helps-decrease-pain-in-hospitalized-patients/)).

87. Voir le site : [www.myndvr.com/](http://www.myndvr.com/)

88. Voir le site : [floreotech.com/](http://floreotech.com/)

89. Voir le site : [www.xr.health](http://www.xr.health)

90. Voir le site : [visitu.nl/](http://visitu.nl/)

famille ; MindMaze<sup>91</sup>, qui leur permet de sentir leur corps au travers d'un monde virtuel ; ou encore Mentia<sup>92</sup>, qui apporte du bien-être aux personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer en leur proposant des thérapies dans un monde virtuel disponible sur une tablette, soulageant ainsi le difficile travail de l'accompagnant. Il y a beaucoup d'études qui montrent l'impact positif de la réalité virtuelle ou des mondes virtuels sur ces problèmes neurocognitifs. La prochaine étape consiste à les transformer en usages acceptables par les accompagnants.

## 7. LE PATIENT VA-T-IL PRENDRE LA MAIN ?

L'un des effets d'Internet est de donner plus de pouvoirs à des systèmes basés sur la famille et sur la communauté. Dans le domaine de la santé, le patient va de plus en plus prendre la main. Cela a déjà commencé dans les années 2000, avec l'explosion des forums de discussions et des réseaux sociaux. C'est en 2004 qu'a été lancé PatientsLikeMe<sup>93</sup>, avec l'objectif de partager des informations entre malades. Aujourd'hui, c'est une plateforme de près de 650 000 membres, qui partagent des informations autour de 2 800 maladies. C'est aussi une plateforme, Open Research Exchange<sup>94</sup>, qui permet de faire des essais cliniques beaucoup plus rapidement que l'institution hospitalière ne sait le faire. Elle est ouverte aux chercheurs et a généré plus d'une centaine d'articles dans des revues scientifiques. Une autre plateforme, MDsave<sup>95</sup>, permet aux fournisseurs de santé de créer des forfaits (*bundles*) de services selon des tarifs négociés, et aux patients de comparer les différents prix pratiqués dans une certaine zone géographique. Cette plateforme permet aux plus démunis et à ceux qui ne sont pas assurés d'accéder à des soins. MDsave a levé plus de 26 millions de dollars et connaît une croissance de 20 % par mois. Enfin, la plateforme Sedera<sup>96</sup> est un véritable modèle communautaire, où les membres mettent en commun leur argent pour se créer une assurance santé entre pairs, retrouvant le sens premier de ce qu'est une mutuelle. En France, le réseau social Carecity<sup>97</sup> regroupe 165 000 membres et a évalué plus de 140 000 traitements. Un diagramme provenant de la thèse d'un pharmacien donne une idée de tous les réseaux sociaux de patients dans le monde francophone<sup>98</sup>.

91. Voir le site : [www.mindmaze.com/](http://www.mindmaze.com/)

92. Voir le site : [www.mentia.me/](http://www.mentia.me/) [l'auteur de la présente note est l'un des cofondateurs de cette startup].

93. Voir le site : [www.patientslikeme.com/](http://www.patientslikeme.com/)

94. Voir le site : [www.openresearchexchange.com/](http://www.openresearchexchange.com/)

95. Voir le site : [www.mdsave.com/](http://www.mdsave.com/)

96. Voir le site : <https://sedera.com/about-sedera/>

97. Voir le site : [www.carecity.com/](http://www.carecity.com/)

98. Voir le site : [www.mindmeister.com/fr/613352923/les-r-seaux-sociaux-en-ligne-d-di-s-aux-patients-aidants](http://www.mindmeister.com/fr/613352923/les-r-seaux-sociaux-en-ligne-d-di-s-aux-patients-aidants)

Ces sites, même s'ils connaissent une forte croissance, sont en deçà du mouvement à venir. Ce que le numérique permet en 2018 est de projeter notre corps dans un système de données qui sont maintenant captables en temps réel, et de les transformer en informations qui se confrontent à des expertises distribuées, dans le but non seulement de guérir mais aussi de prévenir des maladies à venir.

## 8. VERS NOTRE DOUBLE NUMÉRIQUE

Dans le monde industriel, les objets complexes sont maintenant conçus de manière numérique avant d'exister sous forme physique. Le Boeing 777 a été le premier avion conçu entièrement par ordinateur et a volé virtuellement de nombreuses fois avant son premier vol réel. Les bâtiments modernes ont de plus en plus souvent leur équivalent sous forme d'une maquette numérique et toute modification est testée d'abord sur celle-ci.

Si l'on analyse les grandes tendances de la santé numérique, on voit les prémices de l'équivalent pour les êtres humains :

- la génomique permet de séquencer notre ADN, et donc de faire de la médecine de précision ;
- les capteurs connectés permettent de saisir des données en temps réel, donc de créer l'historique de nos indicateurs de santé et de bien-être ;
- les systèmes d'IA permettent de faire des diagnostics de plus en plus précis ;
- l'interopérabilité des données de santé est en marche.

Nous pouvons alors imaginer le futur suivant : nous aurons tous notre double numérique dans le cloud, qui contiendra l'ensemble de nos informations personnelles, allant de notre ADN à notre parcours de santé, nos habitudes de vie, nos maladies et nos guérisons. Nous alimenterons en temps réel ce double numérique à l'aide de capteurs connectés ; ce double contiendra donc notre historique de santé et de bien-être.

Les avantages seront les suivants :

- les urgences seront mieux traitées, puisque ce double numérique contiendra toutes les informations nécessaires, toujours actualisées et accessibles facilement ;
- la prédiction pourra être plus précise, car centrée sur un individu et pas sur une classe d'individus ;

- la médecine de précision sera facilitée ;
- l'amélioration des systèmes d'intelligence artificielle permettra de réaliser de meilleurs diagnostics, car les données seront toujours présentes et accessibles ;
- tout traitement pourra être d'abord testé sur notre double numérique avant de l'être sur notre propre personne.

Il existe déjà de multiples simulations d'évolution de maladies. Récemment, une équipe de chercheurs de Stanford a mis au point une simulation montrant l'évolution de trois maladies neurodégénératives<sup>99</sup>. On pourrait imaginer ce genre de simulation non pas sur un modèle générique, mais sur chaque double numérique individuel.

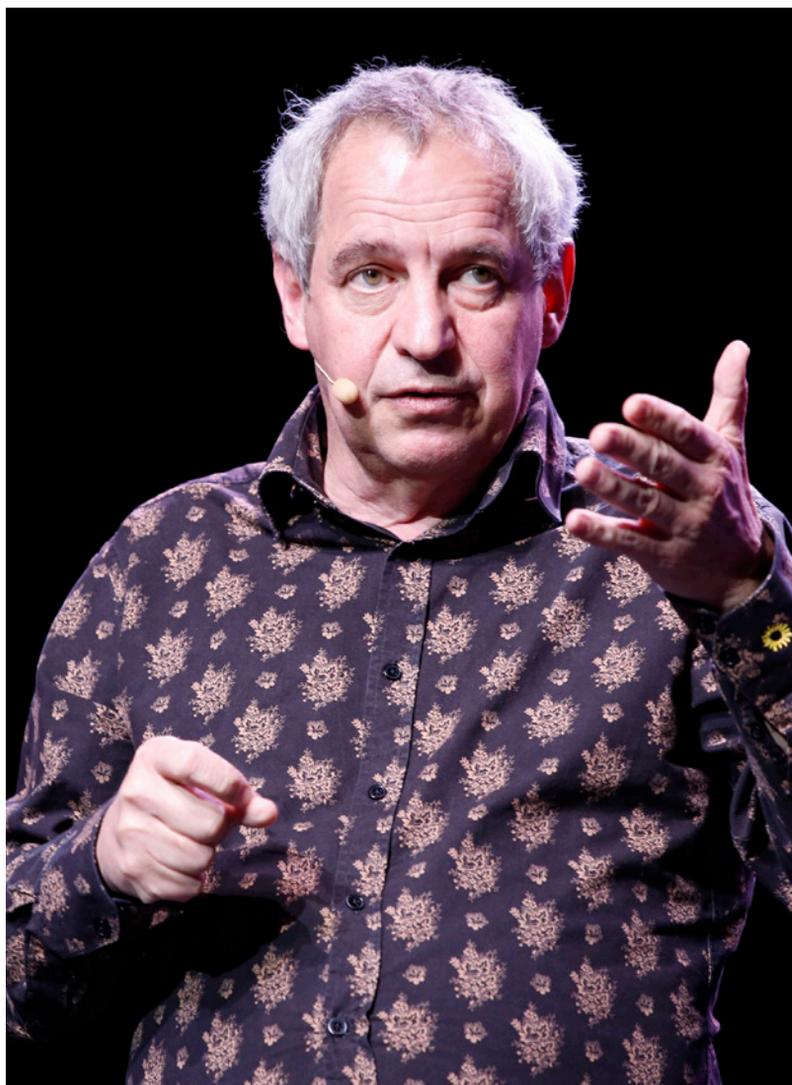
Dans le domaine analogique, une entreprise, Stemonix<sup>100</sup>, a développé un protocole intéressant, qui consiste à prélever certaines cellules et à tester les traitements sur ces cellules *in vitro* pour en voir les effets, avant de les tester sur des patients. On pourrait imaginer la version numérique, mais au lieu d'avoir un ensemble de données génériques, celles-ci seraient spécifiques à chaque individu.

La question importante est, bien entendu, de savoir dans quel cloud se trouvera ce double numérique. Ce n'est pas par hasard si toutes les grandes manœuvres industrielles portent actuellement sur le contrôle de nos informations de santé, que ce soit notre génome ou la captation de nos informations de santé. Sur ce plan, trois sociétés sont à considérer, étant probablement les plus avancées au monde : la chinoise iCarbonX et les américaines Verily et Veritas Genetics, qui toutes deux intègrent la génomique, l'IA et le cloud. Les États-Unis et la Chine sont incontestablement les leaders du mouvement de la génomique, et donc au centre de la santé numérique de demain. Le reste du monde a déjà pris beaucoup de retard. La France devrait accélérer son programme génomique, le rendre plus transparent et, surtout, s'intéresser à la médecine préventive pour *a minima* ne pas être en dehors de la course.

99. Tom Abate, « Stanford-led team simulates how Alzheimer's disease spreads through the brain », stanford.edu, 12 octobre 2018 [news.stanford.edu/2018/10/12/new-simulation-shows-alzheimers-spreads/].

100. Voir le site : stemonix.com/about-stemonix/

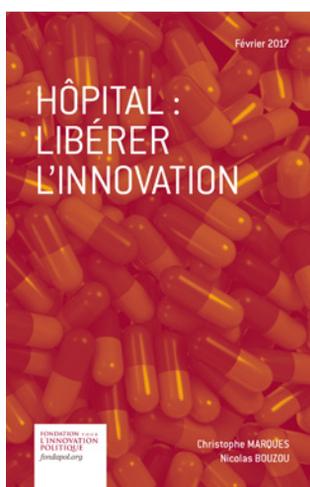
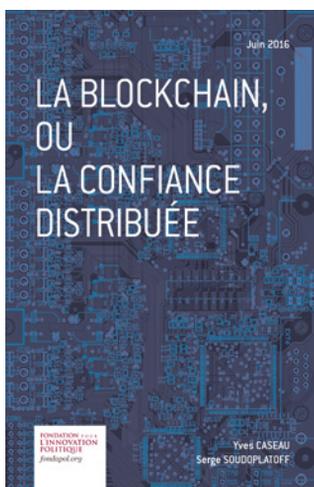
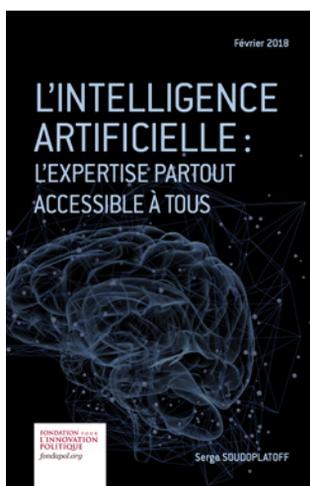
La crise de confiance dans les institutions, qui caractérise ce début du troisième millénaire, devrait s'accompagner d'une prise en main de ce double numérique par les individus. Dans ce sens, la blockchain pourrait être l'élément technologique qui permettra de garantir la confiance sur ce double. Entre, d'une part, des systèmes de santé traditionnels, encore très basés sur une vision technologique et centrés sur le remboursement des soins, et, d'autre part, des systèmes promouvant le bien-être mais ignorant les données de santé, la santé numérique va permettre de transformer une vision systémique et informationnelle du corps humain en une promesse de bien-être et, surtout, va donner au patient la capacité de prendre le contrôle sur sa santé *via* ce double numérique, à condition, bien entendu, qu'il le souhaite.



*L'ordre sans le pouvoir*

Intervention de Serge Soudoplatoff

à l'occasion de l'évènement Le Progrès, c'est nous !, le 18 novembre 2013



*L'intelligence artificielle en Chine : un état des lieux*  
Aifang Ma, novembre 2018, 60 pages

*L'intelligence artificielle : l'expertise partout, accessible à tous,*  
Serge Soudoplatoff, février 2018, 60 pages

*La blockchain, ou la confiance distribuée*  
Yves Caseau et Serge Soudoplatoff, juin 2016, 48 pages

*Hôpital : libérer l'innovation*  
Christophe Marqués et Nicolas Bouzou, février 2017, 44 pages



***Les géants du numérique (1) : Magnats de la finance***  
Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 80 pages

***Les géants du numérique (2) : Un frein à l'innovation ?***  
Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 84 pages

***Éradiquer l'hépatite C en France : quelles stratégies publiques ?***  
Nicolas Bouzou et Christophe Marques, janvier 2015, 40 pages

***La transformation numérique au service de la croissance***  
Jean-Pierre Corniou, juin 2011, 52 pages

# NOS PUBLICATIONS

***Les apports du christianisme à l'unité de l'Europe***

Jean-Dominique Durand, décembre 2018, 52 pages

***La crise orthodoxe [2] Les convulsions, du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours***

Jean-François Colosimo, décembre 2018, 52 pages

***La crise orthodoxe [1] Les fondations, des origines au XIX<sup>e</sup> siècle***

Jean-François Colosimo, décembre 2018, 52 pages

***La France et les chrétiens d'Orient, dernière chance***

Jean-François Colosimo, décembre 2018, 56 pages

***Le christianisme et la modernité européenne [2]***

***Comprendre le retour de l'institution religieuse***

Philippe Portier et Jean-Paul Willaime, décembre 2018, 52 pages

***Le christianisme et la modernité européenne [1]***

***Récuser le déni***

Philippe Portier et Jean-Paul Willaime, décembre 2018, 52 pages

***Commerce illicite de cigarettes :***

***Les cas de barbès-la chapelle, saint-denis et aubervilliers-quatre-chemins***

Mathieu Zagrodzki, Romain Maneveau et Arthur Persais, novembre 2018, 84 pages

***L'avenir de l'hydroélectricité***

Jean-Pierre Corniou, novembre 2018, 64 pages

***Retraites : Leçons des réformes italiennes***

Michel Martone, novembre 2018, 48 pages

***Les géants du numérique [2] : Un frein à l'innovation ?***

Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 84 pages

***Les géants du numérique [1] : Magnats de la finance***

Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 80 pages

***L'intelligence artificielle en Chine : Un état des lieux***

Aifang Ma, novembre 2018, 60 pages

***Alternative für Deutschland : Établissement électoral***

Patrick Moreau, octobre 2018, 72 pages

***Les Français jugent leur système de retraite***

Fondation pour l'innovation politique, octobre 2018, 28 pages

***Migrations : La France singulière***

Didier Leschi, octobre 2018, 56 pages

***La révision constitutionnelle de 2008 : un premier bilan***

Hugues Hourdin, octobre 2018, 52 pages Préface d'Édouard Balladur et de Jack Lang

***Les Français face à la crise démocratique : Immigration, populisme, Trump, Europe...***

AJC Europe et la Fondation pour l'innovation politique, septembre 2018, 72 pages

***Les "Démocrates de Suède" : un vote anti-immigration***

Johan Martinsson, septembre 2018, 64 pages

- Les Suédois et l'immigration [2] : fin du consensus ?***  
Tino Sanandaji, septembre 2018, 56 pages
- Les Suédois et l'immigration [1] : fin de l'homogénéité ?***  
Tino Sanandaji, septembre 2018, 56 pages
- Éthiques de l'immigration***  
Jean-Philippe Vincent, juin 2018, 56 pages
- Les addictions chez les jeunes [14-24 ans]***  
Fondation pour l'innovation politique, juin 2018, 56 pages  
Enquête réalisée en partenariat avec la Fondation Gabriel Péri et le Fonds Actions Addictions
- Villes et voitures : pour une réconciliation***  
Jean Coldefy, juin 2018, 60 pages
- France : Combattre la pauvreté des enfants***  
Julien Damon, mai 2018, 48 pages
- Que pèsent les syndicats ?***  
Dominique Andolfatto, avril 2018, 56 pages
- L'Élan de la Francophonie : Pour une ambition française [2]***  
Benjamin Boutin, mars 2018, 48 pages
- L'Élan de la Francophonie : Une communauté de langue et de destin [1]***  
Benjamin Boutin, mars 2018, 48 pages
- L'Italie aux urnes***  
Sofia Ventura, février 2018, 44 pages
- L'Intelligence artificielle : L'expertise partout Accessible à tous***  
Serge Soudoplatoff, février 2018, 60 pages
- L'innovation à l'ère du bien commun***  
Benjamin Boscher, Xavier Pavie, février 2017, 64 pages
- Libérer l'islam de l'islamisme***  
Mohamed Louizi, janvier 2018, 84 pages
- Gouverner le religieux dans un état laïc***  
Thierry Rambaud, janvier 2018, 56 pages
- Innovation politique 2017 [Tome 2]***  
Fondation pour l'innovation politique, janvier 2017, 492 pages
- Innovation politique 2017 [Tome 1]***  
Fondation pour l'innovation politique, janvier 2017, 468 pages
- Une « norme intelligente » au service de la réforme***  
Victor Fabre, Mathieu Kohmann, Mathieu Luinaud, décembre 2017, 44 pages
- Autriche : virage à droite***  
Patrick Moreau, novembre 2017, 52 pages
- Pour repenser le bac, réformons le lycée et l'apprentissage***  
Faÿçal Hafied, novembre 2017, 76 pages
- Où va la démocratie ?***  
Sous la direction de Dominique Reynié, Plon, octobre 2017, 320 pages
- Violence antisémite en Europe 2005-2015***  
Johannes Due Enstad, septembre 2017, 48 pages

***Pour l'emploi : la subrogation du crédit d'impôt des services à la personne***  
Bruno Despujol, Olivier Peraldi et Dominique Reynié, septembre 2017, 52 pages

***Marché du travail : pour la réforme !***  
Fayçal Hafied, juillet 2017, 64 pages

***Le fact-checking : Une réponse à la crise de l'information et de la démocratie***  
Farid Gueham, juillet 2017, 68 pages

***Notre-Dame-des-Landes : l'État, le droit et la démocratie empêchés***  
Bruno Hug de Larauze, mai 2017, 56 pages

***France : les juifs vus par les musulmans. Entre stéréotypes et méconnaissances***  
Mehdi Ghouirgate, Iannis Roder et Dominique Schnapper, mai 2017, 44 pages

***Dette publique : la mesurer, la réduire***  
Jean-Marc Daniel, avril 2017, 52 pages

***Parfaire le paritarisme par l'indépendance financière***  
Julien Damon, avril 2017, 52 pages

***Former, de plus en plus, de mieux en mieux. L'enjeu de la formation professionnelle***  
Olivier Faron, avril 2017, 48 pages

***Les troubles du monde, l'islamisme et sa récupération populiste : l'Europe démocratique menacée***  
Pierre-Adrien Hanania, AJC, Fondapol, mars 2017, 44 pages

***Porno addiction : nouvel enjeu de société***  
David Reynié, mars 2017, 48 pages

***Calais : miroir français de la crise migratoire européenne (2)***  
Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2017, 72 pages

***Calais : miroir français de la crise migratoire européenne (1)***  
Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2017, 56 pages

***L'actif épargne logement***  
Pierre-François Gouiffès, février 2017, 48 pages

***Réformer : quel discours pour convaincre ?***  
Christophe de Voogd, février 2017, 52 pages

***De l'assurance maladie à l'assurance santé***  
Patrick Negaret, février 2017, 48 pages

***Hôpital : libérer l'innovation***  
Christophe Marques et Nicolas Bouzou, février 2017, 44 pages

***Le Front national face à l'obstacle du second tour***  
Jérôme Jaffré, février 2017, 48 pages

***La République des entrepreneurs***  
Vincent Lorphelin, janvier 2017, 52 pages

***Des startups d'État à l'État plateforme***  
Pierre Pezziardi et Henri Verdier, janvier 2017, 52 pages

***Vers la souveraineté numérique***  
Farid Gueham, janvier 2017, 44 pages

***Repenser notre politique commerciale***  
Laurence Daziano, janvier 2017, 48 pages

***Mesures de la pauvreté, mesures contre la pauvreté***  
Julien Damon, décembre 2016, 40 pages

***L'Autriche des populistes***

Patrick Moreau, novembre 2016, 72 pages

***L'Europe face aux défis du pétro-solaire***

Albert Bressand, novembre 2016, 52 pages

***Le Front national en campagnes. Les agriculteurs et le vote FN***

Eddy Fougier et Jérôme Fourquet, octobre 2016, 52 pages

***Innovation politique 2016***

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2016, 758 pages

***Le nouveau monde de l'automobile (2) : Les promesses de la mobilité électrique***

Jean-Pierre Corniou, octobre 2016, 68 pages

***Le nouveau monde de l'automobile (1) : l'impasse du moteur à explosion***

Jean-Pierre Corniou, octobre 2016, 48 pages

***L'Opinion européenne en 2016***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, septembre 2016, 224 pages

***L'individu contre l'étatisme. Actualité de la pensée libérale française (XX<sup>e</sup> siècle)***

Jérôme Perrier, septembre 2016, 52 pages

***L'individu contre l'étatisme. Actualité de la pensée libérale française (XIX<sup>e</sup> siècle)***

Jérôme Perrier, septembre 2016, 52 pages

***Refonder l'audiovisuel public.***

Olivier Babeau, septembre 2016, 48 pages

***La concurrence au défi du numérique***

Charles-Antoine Schwerer, juillet 2016, 48 pages

***Portrait des musulmans d'Europe : unité dans la diversité***

Vincent Tournier, juin 2016, 68 pages

***Portrait des musulmans de France : une communauté plurielle***

Nadia Henni-Moulaï, juin 2016, 48 pages

***La blockchain, ou la confiance distribuée***

Yves Caseau et Serge Soudoplatoff, juin 2016, 48 pages

***La gauche radicale : liens, lieux et luttes (2012-2017)***

Sylvain Boulouque, mai 2016, 56 pages

***Gouverner pour réformer : Éléments de méthode***

Erwan Le Noan et Matthieu Montjotin, mai 2016, 64 pages

***Les zadistes (2) : la tentation de la violence***

Eddy Fougier, avril 2016, 44 pages

***Les zadistes (1) : un nouvel anticapitalisme***

Eddy Fougier, avril 2016, 44 pages

***Régionales (2) : les partis, contestés mais pas concurrencés***

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2016, 52 pages

***Régionales (1) : vote FN et attentats***

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2016, 60 pages

***Un droit pour l'innovation et la croissance***

Sophie Vermeille, Mathieu Kohmann et Mathieu Luinaud, février 2016, 52 pages

***Le lobbying : outil démocratique***

Anthony Escurat, février 2016, 44 pages

***Valeurs d'islam***

Dominique Reynié (dir.), préface par le cheikh Khaled Bentounès, PUF, janvier 2016, 432 pages

***Chiites et sunnites : paix impossible ?***

Mathieu Terrier, janvier 2016, 44 pages

***Projet d'entreprise : renouveler le capitalisme***

Daniel Hurstel, décembre 2015, 44 pages

***Le mutualisme : répondre aux défis assurantiels***

Arnaud Chneiweiss et Stéphane Tisserand, novembre 2015, 44 pages

***L'Opinion européenne en 2015***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, novembre 2015, 140 pages

***La noopolitique : le pouvoir de la connaissance***

Idriss J. Aberkane, novembre 2015, 52 pages

***Innovation politique 2015***

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2015, 576 pages

***Good COP21, Bad COP21 (2) : une réflexion à contre-courant***

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

***Good COP21, Bad COP21 (1) : le Kant européen et le Machiavel chinois***

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

***PME : nouveaux modes de financement***

Mohamed Abdesslam et Benjamin Le Pendeven, octobre 2015, 44 pages

***Vive l'automobilisme ! (2) Pourquoi il faut défendre la route***

Mathieu Flonneau et Jean-Pierre Orfeuill, octobre 2015, 44 pages

***Vive l'automobilisme ! (1) Les conditions d'une mobilité conviviale***

Mathieu Flonneau et Jean-Pierre Orfeuill, octobre 2015, 40 pages

***Crise de la conscience arabo-musulmane***

Malik Bezouh, septembre 2015, 40 pages

***Départementales de mars 2015 (3) : le second tour***

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 56 pages

***Départementales de mars 2015 (2) : le premier tour***

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 56 pages

***Départementales de mars 2015 (1) : le contexte***

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 44 pages

***Enseignement supérieur : les limites de la « mastérisation »***

Julien Gonzalez, juillet 2015, 44 pages

***Politique économique : l'enjeu franco-allemand***

Wolfgang Glomb et Henry d'Arcole, juin 2015, 36 pages

***Les lois de la primaire. Celles d'hier, celles de demain.***

François Bazin, juin 2015, 48 pages

***Économie de la connaissance***

Idriss J. Aberkane, mai 2015, 48 pages

***Lutter contre les vols et cambriolages : une approche économique***

Emmanuel Combe et Sébastien Daziano, mai 2015, 56 pages

***Unir pour agir : un programme pour la croissance***

Alain Madelin, mai 2015, 52 pages

***Nouvelle entreprise et valeur humaine***

Francis Mer, avril 2015, 32 pages

***Les transports et le financement de la mobilité***

Yves Crozet, avril 2015, 32 pages

***Numérique et mobilité : impacts et synergies***

Jean Coldefy, avril 2015, 36 pages

***Islam et démocratie : face à la modernité***

Mohamed Beddy Ebnou, mars 2015, 40 pages

***Islam et démocratie : les fondements***

Ahmad Al-Raysuni, mars 2015, 40 pages

***Les femmes et l'islam : une vision réformiste***

Asma Lamrabet, mars 2015, 48 pages

***Éducation et islam***

Mustapha Cherif, mars 2015, 44 pages

***Que nous disent les élections législatives partielles depuis 2012 ?***

Dominique Reynié, février 2015, 4 pages

***L'islam et les valeurs de la République***

Saad Khiari, février 2015, 44 pages

***Islam et contrat social***

Philippe Moulinet, février 2015, 44 pages

***Le soufisme : spiritualité et citoyenneté***

Bariza Khiari, février 2015, 56 pages

***L'humanisme et l'humanité en islam***

Ahmed Bouyerdene, février 2015, 56 pages

***Éradiquer l'hépatite C en France : quelles stratégies publiques ?***

Nicolas Bouzou et Christophe Marques, janvier 2015, 40 pages

***Coran, clés de lecture***

Tareq Oubrou, janvier 2015, 44 pages

***Le pluralisme religieux en islam, ou la conscience de l'altérité***

Éric Geoffroy, janvier 2015, 40 pages

***Mémoires à venir***

Dominique Reynié, janvier 2015, enquête réalisée en partenariat avec la Fondation pour la Mémoire de la Shoah, 156 pages

***La classe moyenne américaine en voie d'effritement***

Julien Damon, décembre 2014, 40 pages

***Pour une complémentaire éducation : l'école des classes moyennes***

Erwan Le Noan et Dominique Reynié, novembre 2014, 56 pages

***L'antisémitisme dans l'opinion publique française. Nouveaux éclairages***

Dominique Reynié, novembre 2014, 48 pages

***La politique de concurrence : un atout pour notre industrie***

Emmanuel Combe, novembre 2014, 48 pages

***Européennes 2014 (2) : poussée du FN, recul de l'UMP et vote breton***

Jérôme Fourquet, octobre 2014, 52 pages

***Européennes 2014 (1) : la gauche en miettes***

Jérôme Fourquet, octobre 2014, 40 pages

***Innovation politique 2014***

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2014, 554 pages

***Énergie-climat : pour une politique efficace***

Albert Bressand, septembre 2014, 56 pages

***L'urbanisation du monde. Une chance pour la France***

Laurence Daziano, juillet 2014, 44 pages

***Que peut-on demander à la politique monétaire ?***

Pascal Salin, mai 2014, 48 pages

***Le changement, c'est tout le temps ! 1514 - 2014***

Suzanne Baverez et Jean Sènié, mai 2014, 48 pages

***Trop d'émigrés ? Regards sur ceux qui partent de France***

Julien Gonzalez, mai 2014, 48 pages

***L'Opinion européenne en 2014***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, avril 2014, 284 pages

***Taxer mieux, gagner plus***

Robin Rivaton, avril 2014, 52 pages

***L'État innovant (2) : Diversifier la haute administration***

Kevin Brookes et Benjamin Le Pendeven, mars 2014, 44 pages

***L'État innovant (1) : Renforcer les think tanks***

Kevin Brookes et Benjamin Le Pendeven, mars 2014, 52 pages

***Pour un new deal fiscal***

Gianmarco Monsellato, mars 2014, 8 pages

***Faire cesser la mendicité avec enfants***

Julien Damon, mars 2014, 44 pages

***Le low cost, une révolution économique et démocratique***

Emmanuel Combe, février 2014, 52 pages

***Un accès équitable aux thérapies contre le cancer***

Nicolas Bouzou, février 2014, 52 pages

***Réformer le statut des enseignants***

Luc Chatel, janvier 2014, 8 pages

***Un outil de finance sociale : les social impact bonds***

Yan de Kerouguen, décembre 2013, 36 pages

***Pour la croissance, la débureaucratiation par la confiance***

Pierre Pezziardi, Serge Soudoplatoff et Xavier Quérat-Hément, novembre 2013, 48 pages

***Les valeurs des Franciliens***

Guénaëlle Gault, octobre 2013, 36 pages

***Sortir d'une grève étudiante : le cas du Québec***

Jean-Patrick Brady et Stéphane Paquin, octobre 2013, 40 pages

***Un contrat de travail unique avec indemnités de départ intégrées***

Charles Beigbeder, juillet 2013, 8 pages

***L'Opinion européenne en 2013***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, juillet 2013, 268 pages

- La nouvelle vague des émergents : Bangladesh, Éthiopie, Nigeria, Indonésie, Vietnam, Mexique***  
 Laurence Daziano, juillet 2013, 40 pages
- Transition énergétique européenne : bonnes intentions et mauvais calculs***  
 Albert Bressand, juillet 2013, 44 pages
- La démobilité : travailler, vivre autrement***  
 Julien Damon, juin 2013, 44 pages
- LE KAPITAL. Pour rebâtir l'industrie***  
 Christian Saint-Étienne et Robin Rivaton, avril 2013, 40 pages
- Code éthique de la vie politique et des responsables publics en France***  
 Les Arvernes, Fondation pour l'innovation politique, avril 2013, 12 pages
- Les classes moyennes dans les pays émergents***  
 Julien Damon, avril 2013, 38 pages
- Innovation politique 2013***  
 Fondation pour l'innovation politique, PUF, janvier 2013, 652 pages
- Relancer notre industrie par les robots (2) : les stratégies***  
 Robin Rivaton, décembre 2012, 40 pages
- Relancer notre industrie par les robots (1) : les enjeux***  
 Robin Rivaton, décembre 2012, 52 pages
- La compétitivité passe aussi par la fiscalité***  
 Aldo Cardoso, Michel Didier, Bertrand Jacquillat, Dominique Reynié et Grégoire Sentilhes, décembre 2012, 20 pages
- Une autre politique monétaire pour résoudre la crise***  
 Nicolas Goetzmann, décembre 2012, 40 pages
- La nouvelle politique fiscale rend-elle l'ISF inconstitutionnel ?***  
 Aldo Cardoso, novembre 2012, 12 pages
- Fiscalité : pourquoi et comment un pays sans riches est un pays pauvre ...***  
 Bertrand Jacquillat, octobre 2012, 40 pages
- Youth and Sustainable Development***  
 Fondapol/Nomadéis/United Nations, juin 2012, 80 pages
- La philanthropie. Des entrepreneurs de solidarité***  
 Francis Charhon, mai / juin 2012, 44 pages
- Les chiffres de la pauvreté : le sens de la mesure***  
 Julien Damon, mai 2012, 40 pages
- Libérer le financement de l'économie***  
 Robin Rivaton, avril 2012, 40 pages
- L'épargne au service du logement social***  
 Julie Merle, avril 2012, 40 pages
- L'Opinion européenne en 2012***  
 Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mars 2012, 210 pages
- Valeurs partagées***  
 Dominique Reynié (dir.), PUF, mars 2012, 362 pages
- Les droites en Europe***  
 Dominique Reynié (dir.), PUF, février 2012, 552 pages

***Innovation politique 2012***

Fondation pour l'innovation politique, PUF, janvier 2012, 648 pages

***L'école de la liberté : initiative, autonomie et responsabilité***

Charles Feuillerade, janvier 2012, 36 pages

***Politique énergétique française (2) : les stratégies***

Rémy Prud'homme, janvier 2012, 40 pages

***Politique énergétique française (1) : les enjeux***

Rémy Prud'homme, janvier 2012, 48 pages

***Révolution des valeurs et mondialisation***

Luc Ferry, janvier 2012, 36 pages

***Quel avenir pour la social-démocratie en Europe ?***

Sir Stuart Bell, décembre 2011, 36 pages

***La régulation professionnelle : des règles non étatiques pour mieux responsabiliser***

Jean-Pierre Teyssier, décembre 2011, 36 pages

***L'hospitalité : une éthique du soin***

Emmanuel Hirsch, décembre 2011, 32 pages

***12 idées pour 2012***

Fondation pour l'innovation politique, décembre 2011, 110 pages

***Les classes moyennes et le logement***

Julien Damon, décembre 2011, 40 pages

***Réformer la santé : trois propositions***

Nicolas Bouzou, novembre 2011, 32 pages

***Le nouveau Parlement : la révision du 23 juillet 2008***

Jean-Félix de Bujadoux, novembre 2011, 40 pages

***La responsabilité***

Alain-Gérard Slama, novembre 2011, 32 pages

***Le vote des classes moyennes***

Élisabeth Dupoirier, novembre 2011, 40 pages

***La compétitivité par la qualité***

Emmanuel Combe et Jean-Louis Mucchielli, octobre 2011, 32 pages

***Les classes moyennes et le crédit***

Nicolas Pécourt, octobre 2011, 32 pages

***Portrait des classes moyennes***

Laure Bonneval, Jérôme Fourquet et Fabienne Gomant, octobre 2011, 36 pages

***Morale, éthique, déontologie***

Michel Maffesoli, octobre 2011, 40 pages

***Sortir du communisme, changer d'époque***

Stéphane Courtois (dir.), PUF, octobre 2011, 672 pages

***L'énergie nucléaire après Fukushima : incident mineur ou nouvelle donne ?***

Malcolm Grimston, septembre 2011, 16 pages

***La jeunesse du monde***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, septembre 2011, 132 pages

***Pouvoir d'achat : une politique***

Emmanuel Combe, septembre 2011, 52 pages

***La liberté religieuse***

Henri Madelin, septembre 2011, 36 pages

***Réduire notre dette publique***

Jean-Marc Daniel, septembre 2011, 40 pages

***Écologie et libéralisme***

Corine Pelluchon, août 2011, 40 pages

***Valoriser les monuments historiques : de nouvelles stratégies***

Wladimir Mitrofanoff et Christiane Schmuckle-Mollard, juillet 2011, 28 pages

***Contester les technosciences : leurs raisons***

Eddy Fougier, juillet 2011, 40 pages

***Contester les technosciences : leurs réseaux***

Sylvain Boulouque, juillet 2011, 36 pages

***La fraternité***

Paul Thibaud, juin 2011, 36 pages

***La transformation numérique au service de la croissance***

Jean-Pierre Corniou, juin 2011, 52 pages

***L'engagement***

Dominique Schnapper, juin 2011, 32 pages

***Liberté, Égalité, Fraternité***

André Glucksmann, mai 2011, 36 pages

***Quelle industrie pour la défense française ?***

Guillaume Lagane, mai 2011, 26 pages

***La religion dans les affaires : la responsabilité sociale de l'entreprise***

Aurélien Acquier, Jean-Pascal Gond et Jacques Igalens, mai 2011, 44 pages

***La religion dans les affaires : la finance islamique***

Lila Guermas-Sayegh, mai 2011, 36 pages

***Où en est la droite ? L'Allemagne***

Patrick Moreau, avril 2011, 56 pages

***Où en est la droite ? La Slovaquie***

Étienne Boisserie, avril 2011, 40 pages

***Qui détient la dette publique ?***

Guillaume Leroy, avril 2011, 36 pages

***Le principe de précaution dans le monde***

Nicolas de Sadeleer, mars 2011, 36 pages

***Comprendre le Tea Party***

Henri Hude, mars 2011, 40 pages

***Où en est la droite ? Les Pays-Bas***

Niek Pas, mars 2011, 36 pages

***Productivité agricole et qualité des eaux***

Gérard Morice, mars 2011, 44 pages

***L'Eau : du volume à la valeur***

Jean-Louis Chaussade, mars 2011, 32 pages

***Eau : comment traiter les micropolluants ?***

Philippe Hartemann, mars 2011, 38 pages

***Eau : défis mondiaux, perspectives françaises***  
Gérard Payen, mars 2011, 62 pages

***L'irrigation pour une agriculture durable***  
Jean-Paul Renoux, mars 2011, 42 pages

***Gestion de l'eau : vers de nouveaux modèles***  
Antoine Frérot, mars 2011, 32 pages

***Où en est la droite ? L'Autriche***  
Patrick Moreau, février 2011, 42 pages

***La participation au service de l'emploi et du pouvoir d'achat***  
Jacques Perche et Antoine Pertinax, février 2011, 32 pages

***Le tandem franco-allemand face à la crise de l'euro***  
Wolfgang Glomb, février 2011, 38 pages

***2011, la jeunesse du monde***  
Dominique Reynié (dir.), janvier 2011, 88 pages

***L'Opinion européenne en 2011***  
Dominique Reynié (dir.), Édition Lignes de Repères, janvier 2011, 254 pages

***Administration 2.0***  
Thierry Weibel, janvier 2011, 48 pages

***Où en est la droite ? La Bulgarie***  
Antony Todorov, décembre 2010, 32 pages

***Le retour du tirage au sort en politique***  
Gil Delannoi, décembre 2010, 38 pages

***La compétence morale du peuple***  
Raymond Boudon, novembre 2010, 30 pages

***L'Académie au pays du capital***  
Bernard Belloc et Pierre-François Mourier, PUF, novembre 2010, 222 pages

***Pour une nouvelle politique agricole commune***  
Bernard Bachelier, novembre 2010, 30 pages

***Sécurité alimentaire : un enjeu global***  
Bernard Bachelier, novembre 2010, 30 pages

***Les vertus cachées du low cost aérien***  
Emmanuel Combe, novembre 2010, 40 pages

***Innovation politique 2011***  
Fondation pour l'innovation politique, PUF, novembre 2010, 676 pages

***Défense : surmonter l'impasse budgétaire***  
Guillaume Lagane, octobre 2010, 34 pages

***Où en est la droite ? L'Espagne***  
Joan Marcet, octobre 2010, 34 pages

***Les vertus de la concurrence***  
David Sraer, septembre 2010, 44 pages

***Internet, politique et coproduction citoyenne***  
Robin Berjon, septembre 2010, 32 pages

***Où en est la droite ? La Pologne***  
Dominika Tomaszewska-Mortimer, août 2010, 42 pages

***Où en est la droite ? La Suède et le Danemark***

Jacob Christensen, juillet 2010, 44 pages

***Quel policier dans notre société ?***

Mathieu Zagrodzki, juillet 2010, 28 pages

***Où en est la droite ? L'Italie***

Sofia Ventura, juillet 2010, 36 pages

***Crise bancaire, dette publique : une vue allemande***

Wolfgang Glomb, juillet 2010, 28 pages

***Dette publique, inquiétude publique***

Jérôme Fourquet, juin 2010, 32 pages

***Une régulation bancaire pour une croissance durable***

Nathalie Janson, juin 2010, 36 pages

***Quatre propositions pour rénover notre modèle agricole***

Pascal Perri, mai 2010, 32 pages

***Régionales 2010 : que sont les électeurs devenus ?***

Pascal Perrineau, mai 2010, 56 pages

***L'Opinion européenne en 2010***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mai 2010, 245 pages

***Pays-Bas : la tentation populiste***

Christophe de Voogd, mai 2010, 43 pages

***Quatre idées pour renforcer le pouvoir d'achat***

Pascal Perri, avril 2010, 30 pages

***Où en est la droite ? La Grande-Bretagne***

David Hanley, avril 2010, 34 pages

***Renforcer le rôle économique des régions***

Nicolas Bouzou, mars 2010, 30 pages

***Réduire la dette grâce à la Constitution***

Jacques Delpla, février 2010, 54 pages

***Stratégie pour une réduction de la dette publique française***

Nicolas Bouzou, février 2010, 30 pages

***Iran : une révolution civile ?***

Nader Vahabi, novembre 2009, 19 pages

***Où va la politique de l'église catholique ? D'une querelle du libéralisme à l'autre***

Émile Perreau-Saussine, octobre 2009, 26 pages

***Agir pour la croissance verte***

Valéry Morron et Déborah Sanchez, octobre 2009, 11 pages

***L'économie allemande à la veille des législatives de 2009***

Nicolas Bouzou et Jérôme Duval-Hamel, septembre 2009, 10 pages

***Élections européennes 2009 : analyse des résultats en Europe et en France***

Corinne Deloy, Dominique Reynié et Pascal Perrineau, septembre 2009, 32 pages

***Retour sur l'alliance soviéto-nazie, 70 ans après***

Stéphane Courtois, juillet 2009, 16 pages

***L'État administratif et le libéralisme. Une histoire française***

Lucien Jaume, juin 2009, 12 pages

***La politique européenne de développement : Une réponse à la crise de la mondialisation ?***

Jean-Michel Debrat, juin 2009, 12 pages

***La protestation contre la réforme du statut des enseignants-chercheurs : défense du statut, illustration du statu quo.***

Suivi d'une discussion entre l'auteur et Bruno Bensasson

David Bonneau, mai 2009, 20 pages

***La lutte contre les discriminations liées à l'âge en matière d'emploi***

Élise Muir (dir.), mai 2009, 64 pages

***Quatre propositions pour que l'Europe ne tombe pas dans le protectionnisme***

Nicolas Bouzou, mars 2009, 12 pages

***Après le 29 janvier : la fonction publique contre la société civile ?***

***Une question de justice sociale et un problème démocratique***

Dominique Reynié, mars 2009, 22 pages

***La réforme de l'enseignement supérieur en Australie***

Zoe McKenzie, mars 2009, 74 pages

***Les réformes face au conflit social***

Dominique Reynié, janvier 2009, 14 pages

***L'Opinion européenne en 2009***

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mars 2009, 237 pages

***Travailler le dimanche: qu'en pensent ceux qui travaillent le dimanche ?***

Sondage, analyse, éléments pour le débat

Dominique Reynié, janvier 2009, 18 pages

***Stratégie européenne pour la croissance verte***

Elvire Fabry et Damien Tresallet (dir.), novembre 2008, 124 pages

***Défense, immigration, énergie : regards croisés franco-allemands sur trois priorités de la présidence française de l'UE***

Elvire Fabry, octobre 2008, 35 pages

**Retrouvez notre actualité et nos publications sur [fondapol.org](http://fondapol.org)**



## SOUTENEZ LA FONDATION POUR L'INNOVATION POLITIQUE !

Pour renforcer son indépendance et conduire sa mission d'utilité publique, la Fondation pour l'innovation politique, institution de la société civile, a besoin du soutien des entreprises et des particuliers. Ils sont invités à participer chaque année à la convention générale qui définit ses orientations. La Fondation pour l'innovation politique les convie régulièrement à rencontrer ses équipes et ses conseillers, à discuter en avant-première de ses travaux, à participer à ses manifestations.

*Reconnue d'utilité publique par décret en date du 14 avril 2004, la Fondation pour l'innovation politique peut recevoir des dons et des legs des particuliers et des entreprises.*

### **Vous êtes une entreprise, un organisme, une association**

Avantage fiscal :  **votre entreprise bénéficie d'une réduction d'impôt de 60 % à imputer directement sur l'IS (ou le cas échéant sur l'IR), dans la limite de 5% du chiffre d'affaires HT (report possible durant 5 ans) (art. 238bis du CGI).**

Dans le cas d'un don de 20 000 €, vous pourrez déduire 12 000 € d'impôt, votre contribution aura réellement coûté 8 000 € à votre entreprise.

### **Vous êtes un particulier**

Avantages fiscaux :  **au titre de l'IR, vous bénéficiez d'une réduction d'impôt de 66 % de vos versements, dans la limite de 20 % du revenu imposable (report possible durant 5 ans); au titre de l'ISF, vous bénéficiez d'une réduction d'impôt de 75 % de vos dons versés, dans la limite de 50 000 €.**

Dans le cas d'un don de 1 000 €, vous pourrez déduire 660 € de votre IR ou 750 € de votre ISF. Pour un don de 5 000 €, vous pourrez déduire 3 300 € de votre IR ou 3 750 € de votre ISF.

**contact : Anne Flambert +33 (0)1 47 53 67 09 [anne.flambert@fondapol.org](mailto:anne.flambert@fondapol.org)**





## LE NUMÉRIQUE AU SECOURS DE LA SANTÉ

Par Serge Soudoplatoff

La technologie joue un rôle important dans bien des aspects de notre vie. Tout comme elle a révolutionné nos méthodes de communication et nos systèmes financiers, son application au domaine de la santé transforme la façon dont les soins sont dispensés. Face à l'évolution de la démographie médicale, aux inégalités territoriales d'accès aux soins, à la hausse de la prévalence des maladies chroniques ou encore au vieillissement de la population et à la prise en charge de la dépendance, les technologies numériques recèlent d'énormes ressources pour améliorer les systèmes de santé. De la santé mobile à la génomique, en passant par l'exploitation des données issues de l'intelligence artificielle et la possible création de notre double numérique, la médecine est sur le point d'être révolutionnée. Dans cette étude, l'auteur se saisit de l'immense potentiel du numérique dans le domaine de la santé en le faisant vivre à travers les dernières innovations, dont il faut suivre le pas à l'échelle nationale.

Les médias

*fondapol.tv*

**ГРОП ЛИБРАЕ**  
Une voix libérale, progressiste et européenne

**ANTHROPO  
TECHNIE**  
LES ENJEUX DE L'HUMAIN AUGMENTÉ

Les données en open data

*data.fondapol*



Le site internet

*fondapol.org*



9782364081819

ISBN : 978 2 36408 181 9

5€