

INSTITUT
MONTAIGNE



Big data et objets connectés

Faire de la France un champion
de la révolution numérique

RAPPORT AVRIL 2015

L'Institut Montaigne est un laboratoire d'idées - *think tank* - créé fin 2000 par Claude Bébéar et dirigé par Laurent Bigorgne. Il est dépourvu de toute attache partisane et ses financements, exclusivement privés, sont très diversifiés, aucune contribution n'excédant 2 % de son budget annuel. En toute indépendance, il réunit des chefs d'entreprise, des hauts fonctionnaires, des universitaires et des représentants de la société civile issus des horizons et des expériences les plus variés. Il concentre ses travaux sur quatre axes de recherche :

Cohésion sociale (école primaire, enseignement supérieur, emploi des jeunes et des seniors, modernisation du dialogue social, diversité et égalité des chances, logement)

Modernisation de l'action publique (réforme des retraites, justice, santé)

Compétitivité (création d'entreprise, énergie pays émergents, financement des entreprises, propriété intellectuelle, transports)

Finances publiques (fiscalité, protection sociale)

Grâce à ses experts associés (chercheurs, praticiens) et à ses groupes de travail, l'Institut Montaigne élabore des propositions concrètes de long terme sur les grands enjeux auxquels nos sociétés sont confrontées. Il contribue ainsi aux évolutions de la conscience sociale. Ses recommandations résultent d'une méthode d'analyse et de recherche rigoureuse et critique. Elles sont ensuite promues activement auprès des décideurs publics.

À travers ses publications et ses conférences, l'Institut Montaigne souhaite jouer pleinement son rôle d'acteur du débat démocratique.

L'Institut Montaigne s'assure de la validité scientifique et de la qualité éditoriale des travaux qu'il publie, mais les opinions et les jugements qui y sont formulés sont exclusivement ceux de leurs auteurs. Ils ne sauraient être imputés ni à l'Institut, ni, a fortiori, à ses organes directeurs.

*Il n'est désir plus naturel
que le désir de connaissance*

INSTITUT
MONTAIGNE



Big data et objets connectés

Faire de la France un champion
de la révolution numérique

« Tout va toujours plus vite que prévu »¹

¹ Ray Kurzweil, *The singularity is Near : when humans transcend biology*, 2005.

AVRIL 2015

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I - LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE SOUTENUE PAR LES OBJETS CONNECTÉS ET LE BIG DATA OUVRE UNE NOUVELLE ÈRE	7
1.1. La donnée est devenue la matière première de la transformation numérique	7
1.2. La numérisation du réel devient ubiquitaire	15
1.3. De l'Internet des objets à l'« Internet du Tout connecté » (<i>Internet of Everything</i>)	32
II - LES PERSPECTIVES DE CRÉATION DE VALEUR ASSOCIÉES AU BIG DATA ET AUX OBJETS CONNECTÉS	37
2.1. L'Internet des objets et le Big data étendent la révolution numérique à tous les pans de l'économie	37
2.2. Le potentiel économique de l'Internet des objets en France : entre 88 milliards d'euros en 2020 et 162 milliards d'euros en 2025.....	48
2.3. La santé et la ville : deux exemples d'opportunités à saisir	69
III - LA FRANCE DISPOSE D'ATOUS IMPORTANTS POUR SAISIR LES OPPORTUNITÉS OFFERTES PAR L'INTERNET OF EVERYTHING	99
3.1. Les nouveaux leviers de la confiance : API, normes et sécurité	99
3.2. Les atouts de la France pour devenir un champion de l'Internet du Tout connecté	129

IV - QUATRE AXES POUR ÊTRE ACTEUR DANS LA PROCHAINE RÉVOLUTION NUMÉRIQUE	161
4.1. Diffuser l'excellence data et numérique au sein du tissu économique français	161
4.2. Renforcer la sécurité pour développer la confiance.....	169
4.3. Renforcer l'influence de la France et soutenir une gouvernance numérique forte.....	186
4.4. Répondre aux besoins de compétences des métiers du Big data et de l'Internet des Objets	196
CONCLUSION.....	201
REMERCIEMENTS.....	203
ANNEXES.....	207

INTRODUCTION

L'horizon de l'Internet des objets² et du Big data³ est celui d'un monde toujours plus densément connecté qui relie les hommes, les données et les objets dans un écosystème numérique désormais global. Selon l'Organisation des Nations-Unies (ONU), plus de données ont été créées en 2011 que dans toute l'histoire de l'humanité⁴ et, selon les sources retenues, entre 30 et 212 milliards d'objets pourraient être connectés d'ici 2020. Cette connexion, qualifiée d'ubiquitaire, soulève aujourd'hui autant d'inquiétudes que de promesses d'opportunités économiques et sociétales.

Le Big data et les objets connectés représentent un important relais de croissance économique selon de nombreuses études⁵. Ils ouvrent la possibilité de connecter les personnes ou les objets de manière plus pertinente, de fournir la bonne information au bon destinataire et au bon moment, ou encore de faire ressortir les informations utiles à la prise de décision.

D'une part, les ensembles de données qui apparaissent avec le Big data constituent une nouvelle source de valeur économique et d'inn-

² L'Internet des objets est défini comme « *un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant* ». Source : Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau et Françoise Massit-Folléa, *L'Internet des objets. Quels enjeux pour l'Europe ?*, janvier 2012.

³ Littéralement les « grosses données », ou mégadonnées, parfois appelées données massives.

⁴ « Robert Kirkpatrick, Director of UN Global Pulse, on the Value of Big Data », *theglobalobservatory.org*, 5 novembre 2012.

⁵ Cisco, McKinsey, Idate, Inspection générale des finances, Gartner Research, Boston Consulting Group, A.T. Kearney, etc.

vation : la valeur des données évolue depuis leur utilisation initiale vers de futures utilisations potentielles à plus forte valeur ajoutée. Toutes les données sont ainsi considérées comme précieuses par définition.

D'autre part, l'Internet des objets est marqué par le développement des réseaux, des partenariats et des interrelations complexes, permettant ainsi le développement de certains procédés industriels, l'amélioration de la qualité de service et des performances accessibles aux individus et aux consommateurs. Il se nourrit des données et en augmente en retour le volume.

Associés, l'Internet des objets et le Big data brouillent les frontières traditionnelles et transforment profondément les chaînes de valeur de la plupart des secteurs économiques. Dans le même temps, leur développement suscite des interrogations nouvelles sur la gestion de certains risques notamment environnementaux, sanitaires ou économiques et sur la protection de la vie privée et des données sensibles.

La révolution des objets connectés et du Big data est déjà en marche. La France, dans un cadre européen, peut en devenir un acteur de premier plan à condition qu'une action volontariste, équilibrée et coordonnée des acteurs privés et de la puissance publique soit conduite.

Comment alors, et par quels leviers, accélérer ce mouvement et concrétiser le potentiel économique estimé ? Comment guider l'innovation dans ce domaine et favoriser la croissance économique associée ? Comment articuler de manière partagée, durable, et à moindre coût des réseaux et des applications diversifiés ? Comment enfin faire en sorte qu'un réseau de réseaux conçu comme ubiquitaire ne soit pas trop intrusif et respecte l'individu et les libertés individuelles et publiques ?

Les réflexions de ce rapport portent sur cinq axes majeurs :

- les enjeux économiques pour la France ;
- la nécessité d'une gouvernance adaptée intégrant notamment les sujets de transparence et de standardisation ;
- l'adaptation des compétences et des ressources humaines aux besoins nouveaux liés au développement des objets connectés et du Big data ;
- l'amélioration de la performance et de la pérennité des solutions technologiques ;
- la régulation des usages et la protection de la vie privée et des données sensibles destinée à maintenir la confiance comme facteur clef de succès de la révolution des objets et du Big data.

Nous vivons aujourd'hui une révolution numérique globale, une nouvelle révolution industrielle, alimentée par l'essor des objets connectés associé à l'exploitation du Big data, que nous appellerons *Internet of Everything* (IoE), l'Internet du Tout connecté. Les perspectives de création de valeur du Big data et des objets connectés sont stratégiques pour l'économie d'un territoire et concernent tous les pans de l'économie et de la société. Mais leurs usages et leur développement génèrent des interrogations nouvelles et des comportements encore très prudents. L'essor du Big data et des objets connectés doit reposer sur la confiance entre tous les acteurs.

Entre opportunité économique et confiance, la France doit, pour s'imposer comme un acteur de premier plan, davantage encore anticiper et s'engager pour le développement du Big data et des objets connectés. En amont du projet de règlement européen sur la protection des données

et du projet de loi sur le numérique, l'Institut Montaigne a souhaité de saisir de ces enjeux afin de contribuer à mobiliser tous les acteurs pour faire de la France un champion de la révolution numérique.

LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE SOUTENUE PAR LES OBJETS CONNECTÉS ET LE BIG DATA OUVRE UNE NOUVELLE ÈRE

1.1. La donnée est devenue la matière première de la transformation numérique

1.1.1. La révolution numérique, troisième révolution technique de l'histoire moderne

Toutes les révolutions ont pour point commun d'opérer un changement complet de système technique qui influence toute la société. Ce qui caractérise une révolution, c'est bien son « aspect global »⁶. La première grande révolution technique fut celle de la machine à la période Renaissance, dont la presse à imprimer typographique mise au point par Johannes Gutenberg en 1450 reste un symbole. La seconde fut la révolution mécanique de l'ère industrielle⁷. **La troisième grande révolution technique, enfin, est la révolution numérique, dont nous sommes à la fois les acteurs et les spectateurs privilégiés.** Jeremy Rifkin⁸ parle même d'une « troisième

⁶ Bertrand Gille, *Histoire des techniques*, 1978.

⁷ Selon Bertrand Gille, celle-ci repose sur trois innovations techniques majeures, totalement interdépendantes : l'emploi généralisé du métal dans le domaine des matériaux, l'utilisation corollaire de la machine à vapeur dans le domaine de l'énergie, et l'essor du charbon dans le domaine des combustibles, l'ensemble constituant « la trilogie essentielle du nouveau système technique ». On considère aujourd'hui que deux révolutions industrielles se sont succédées, celle de la fin du XVIII^e siècle et celle liée à l'électricité, au moteur à explosion, au pétrole et à l'acier dans la seconde moitié du XIX^e siècle. Si la première révolution industrielle a été mécanique, la seconde fut énergétique.

⁸ Jeremy Rifkin, *La troisième révolution industrielle*, 2012.

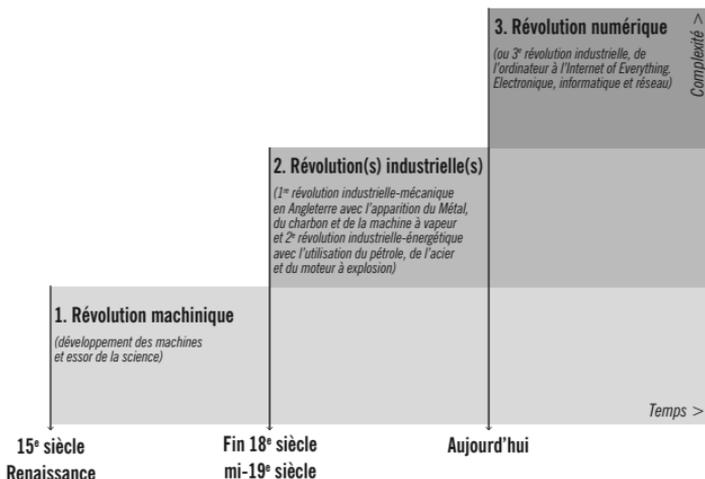
révolution industrielle, [...] dernière des grandes révolutions industrielles [qui] va poser les bases d'une ère coopérative émergente ».

On pourrait aussi l'associer à la notion d'informatisation de nos sociétés, comme le fait Michel Volle qui en restitue finement le mouvement historique⁹. Ce dernier aurait réellement commencé dans les années 1960 avec l'informatisation des « *opérations gourmandes en temps et en paperasses : comptabilité, paie, facturation, gestion des stocks, prises de commandes* ». C'est le temps des ordinateurs « grands systèmes » et des grands logiciels, fondés sur « *la programmation des algorithmes qui procurent un résultat à partir des données saisies* ». Le mouvement se poursuit dans les années 1970 avec « *la normalisation des bases de données et l'architecture des systèmes d'information* » dans le but de permettre aux applications de s'alimenter entre elles. Puis, dans les années 1980, « *la dissémination des micro-ordinateurs et des réseaux locaux* » marque la démocratisation de l'informatique qui se prolonge dans la vitalité numérique des années 1990, marquées par l'émergence de l'Internet et du Web. Ces derniers permettent, grâce à la documentation électronique et la messagerie, « *d'informatiser le parcours d'un processus de production en transférant, d'un poste de travail au suivant, les documents où s'inscrit l'élaboration d'un produit* ».

Ce mouvement se poursuit depuis les décennies 2000 et 2010 avec l'essor du Web 2.0 et l'élargissement des réseaux sociaux, l'apparition des terminaux mobiles, l'essor des objets connectés et le développement du Big data. **Ainsi, en moins de soixante ans, l'informatisation des sociétés est devenue complète et globale, nous faisant entrer dans une ère numérique.**

⁹ Toutes les citations de ce paragraphe sont issues de : Michel Volle, *De l'informatique : savoir vivre avec l'automate, 2006 et Économie des nouvelles technologies, 1999.*

Figure 1 : De Gutenberg aux objets connectés, les trois grandes révolutions techniques de l'humanité



Source : Institut Montaigne.

Selon Stéphane Vial, les éléments qui structurent le système numérique d'aujourd'hui sont: « ***l'électronique*** (versant physique des composants), ***l'informatique*** (versant logique des algorithmes) et ***les réseaux*** (versant réticulaire des connexions). C'est parce qu'il repose à la fois sur l'ordinateur et sur l'Internet que le nouveau système technique n'est pas seulement un système technique informatisé (fondé sur le seul l'ordinateur) mais bien un système technique numérique (fondé sur l'ordinateur et le réseau). Car si l'ordinateur est l'étoile centrale du système, l'Internet est la structure en orbites qui fait rayonner cette étoile en tout lieu et en tout point du monde »¹⁰.

¹⁰ Stéphane Vial, *La structure de la révolution numérique*, Thèse de doctorat en Philosophie, novembre 2012.

Dans cette révolution numérique, les objets connectés occupent une place centrale. À la fois outils au service des utilisateurs et collecteurs de données, les milliards d'objets connectés sont en train d'ébranler nos vies et de bouleverser le fonctionnement de toutes nos organisations. L'historien Siegfried Giedion rappelait en 1948 que le « *vrai sens de l'histoire provient de choses humbles, d'objets auxquels on n'attache généralement pas une grande importance, ou tout au moins auxquels on n'attribue pas de valeur historique* »¹¹. Or, à l'époque de la mécanisation, « *toutes ces humbles choses [...] ont ébranlé notre vie jusque dans ses racines les plus profondes* » : « *le lent façonnement de la vie quotidienne a autant d'importance que les explosions de l'histoire ; car, dans la vie anonyme, l'accumulation des particules finit par former une véritable force explosive. Outils et objets sont les prolongements de nos attitudes fondamentales au monde extérieur* »¹².

Les objets connectés et les applications associées que nous utilisons pour travailler, communiquer ou habiter, traversent en effet toutes les strates du quotidien, guident en partie nos gestes, conservent la mémoire de l'ensemble des données produites et alimentent le Big data. Selon Yannick Lacoste et Jean-François Vermont, « *l'offre d'objets connectés est très en avance sur les usages. Le flot grandissant d'objets connectés soutient la croissance du Big data qui, à son tour, facilite l'explosion des usages* »¹³.

¹¹ Siegfried Giedion, *La mécanisation au pouvoir : contribution à l'histoire anonyme*, 1948.

¹² *Ibid.*

¹³ Yannick Lacoste et Jean-François Vermont, *in* G9+ et Renaissance numérique, *Big data, l'accélérateur d'innovation*, décembre 2014.

1.1.2. Le potentiel de données actuel nous ramène aux premiers jours de l'essor pétrolier

La donnée constitue la matière première de cette révolution numérique. À ce titre, elle a été comparée au pétrole, ressource au cœur de la seconde révolution industrielle. Elle constitue le gisement de base, que l'industrie exploitante extrait puis transforme.

La révolution industrielle a permis de développer de nouveaux produits et de nouvelles technologies à partir du pétrole. Vers la fin du XIX^e siècle, si l'usage du pétrole reste encore assez marginal, l'intérêt envers cette ressource est grandissant. Au cours du XX^e siècle, le développement rapide de la chimie (dès les années 1930) et du marché automobile (après la Seconde Guerre mondiale) donnent au pétrole une place centrale dans l'évolution du système économique mondial, place qu'il occupe encore aujourd'hui. **Les objets connectés jouent pour le Big data le même rôle de catalyseur que la chimie ou l'automobile pour le pétrole.**

Le Big data est une ressource largement sous-exploitée et capable d'alimenter des progrès encore insoupçonnés. Il exige une certaine expertise pour extraire et « raffiner » les données afin d'en maximiser l'utilité. **De même que le pétrole brut ne peut être utilisé comme combustible automobile, les données brutes ne sont pas pertinentes par elles-mêmes. Elles deviendraient en revanche créatrices de valeur une fois analysées.** L'analogie entre données numériques et pétrole remonte à 2006, lorsque Clive Humby, un mathématicien ayant développé la carte de fidélité de l'enseigne de supermarchés Tesco, l'utilise pour la première fois. Elle fut reprise et développée

par Michael Palmer¹⁴, qui compare les données au pétrole brut qui doit subir une transformation avant de générer de la valeur. Les données numériques seraient aujourd'hui l'équivalent d'un pétrole brut, ressource non mobilisable sans raffinage préalable, c'est-à-dire devant subir un traitement depuis leur création jusqu'à leur archivage.

L'analogie donnée-pétrole a néanmoins ses limites. Comme le souligne Henri Verdier, « *la donnée, c'est à la fois beaucoup plus compliqué, et dans l'économie, c'est à la fois beaucoup moins et beaucoup plus que du pétrole* »¹⁵. Le pétrole est une ressource naturelle limitée non renouvelable dont les réserves sont finies. Utiliser le pétrole, même transformé, et sous réserve qu'une partie puisse être recyclée, le détruit et, avec lui, sa valeur. « *Il y a une valeur d'usage qui disparaît après son utilisation, sa valeur est dite transitive : dix fois plus de pétrole vaut dix fois plus de valeur* »¹⁶.

Par ailleurs, contrairement au combustible fossile, les données ne sont pas toujours consommées. Elles s'apparenteraient davantage aux énergies éolienne ou solaire qui peuvent également être utilisées sous de multiples formes et servir plusieurs objectifs. **Elles ne s'usent pas quand on les exploite, elles peuvent même trouver d'autres utilités et gagner en valeur** en fonction du contexte dans lequel elles sont utilisées. Enfin, les données n'ont rien de naturel, elles sont produites par des dispositifs techniques développés par des ingénieurs : « *elles s'articulent au réel, dont elles sont la trace, le*

¹⁴ « Tech giants may be huge, but nothing matches big data », *The Guardian*, 23 août 2013.

¹⁵ « Non, les données ne sont pas un nouvel or noir... », *Henri Verdier Blog*, 19 mars 2013.

¹⁶ *Ibid.*

symbole ou l'empreinte, elles sont parfois extraites mais le plus souvent produites et échangées librement par les individus »¹⁷.

Toutefois, **la métaphore du pétrole reste pertinente lorsqu'il s'agit de souligner les opportunités inexploitées du Big data.** Le parallèle entre économie numérique et économie du pétrole peut se faire **lorsqu'on rapproche la notion de réserve pétrolière avec la notion de « multitude » qui génère les réserves de données, or noir numérique.** Le modèle d'affaire des entreprises pétrolières a commencé par s'intéresser au « bout de chaîne » pour rapidement intégrer toutes les activités pétrolières amont, de l'extraction-forage à la distribution en passant par le raffinage. De même, les grandes entreprises du numérique sont en train de développer de plus en plus ce modèle économique « pétrolière » intégré autour de la donnée et des objets connectés.

La métaphore pétrolière aurait une autre utilité, celle d'un avertissement : tout comme l'exploitation pétrolière peut-être source de nombreuses pollutions ou autres « externalités négatives », l'usage déraisonnable de données pourrait être aussi socialement peu acceptable. **La donnée, « pétrole numérique » du XXI^e siècle, constitue une matière première, renouvelable et pour partie inépuisable,** dont, comme au début de l'ère pétrolière, on commence à peine à discerner les multiples usages et bénéfices, et dont on tarde à prendre en compte la valeur stratégique.

¹⁷ *Ibid.*

Les unités de mesure de la donnée

Le Bit est l'unité de mesure de base utilisée en informatique pour quantifier la taille de la mémoire d'un ordinateur, l'espace utilisable sur un disque dur, la taille d'un fichier ou d'un répertoire. Le bit (anglais *binary digit*, « chiffre binaire ») ne peut prendre que deux valeurs, la plupart du temps interprétées comme 0 ou 1. Les autres unités de mesure ne correspondent qu'à des regroupements de bits. Ainsi, un octet est composé de huit bits. Son symbole normalisé est « o ». Il peut prendre 2^8 , soit 256, valeurs possibles. Les abréviations suivantes permettent de prendre la mesure de la croissance des données produites :

1 kilooctet (ko) = 10^3 octets = 1 000 octets

1 mégaoctet (Mo) = 10^6 octets = 1 000 ko = 1 000 000 octets

1 gigaoctet (Go) = 10^9 octets = 1 000 Mo = 1 000 000 000 octets

1 téraoctet (To) = 10^{12} octets = 1 000 Go = 1 000 000 000 000 octets

1 pétaoctet (Po) = 10^{15} octets = 1 000 To = 1 000 000 000 000 000 octets

1 exaoctet (Eo) = 10^{18} octets = 1 000 Po = 1 000 000 000 000 000 000 octets

1 zettaoctet (Zo) = 10^{21} octets = 1 000 Eo = 1 000 000 000 000 000 000 000 octets

1 yottaoctet (Yo) = 10^{24} octets = 1 000 Zo = 1 000 000 000 000 000 000 000 000 octets

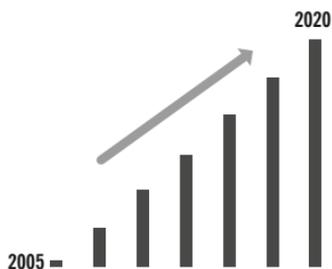
1.2. La numérisation du réel devient ubiquitaire

1.2.1. Les capteurs vont multiplier par dix la taille de l'univers numérique d'ici 2020

L'Internet des objets contribuerait à doubler la taille de l'univers numérique tous les 2 ans, lequel pourrait représenter 44 000 milliards de gigaoctets en 2020, soit 10 fois plus qu'en 2013¹⁸. **Les objets connectés étendent ainsi le périmètre de l'Internet en permettant à tout objet, machine ou élément vivant, de transmettre des informations sur son environnement et son état**, et d'être éventuellement activé à distance.

En générant de grandes quantités de données et en participant à la numérisation du réel, ils font grandir l'écosystème numérique, qui devient par ailleurs ubiquitaire. Selon Global Investor (Crédit Suisse), l'univers digital aura grandi en 2020 de 300 fois sa taille de 2005, et l'essor des objets connectés y participerait très activement¹⁹.

Figure 2 : Croissance de l'univers digital



Source : Makasi group, *Livre blanc du Data Marketing*, 2013.

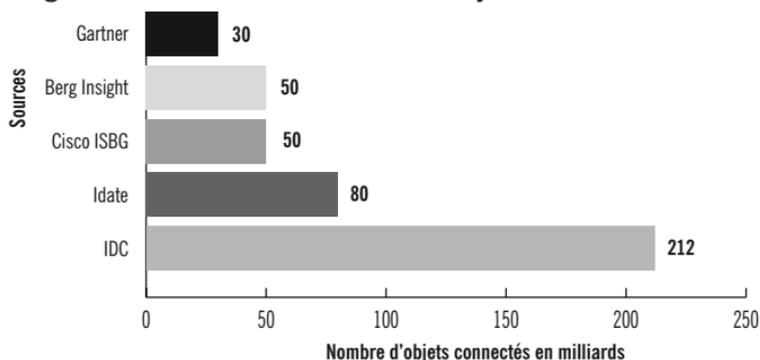
¹⁸ EMC et IDC, *The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things*, avril 2014.

¹⁹ Données présentées par le Global Investor 1.13 du Crédit Suisse, juin 2013, au sujet du rapport McKinsey Global Institute 2011

L'Internet des objets n'est pas un simple prolongement de l'Internet actuel mais plutôt une série de nouveaux systèmes indépendants fonctionnant avec leurs propres infrastructures. Il est mis en œuvre en relation étroite avec de nouveaux services et couvre différents modes de communication : d'objet à personne et d'objet à objet, mais aussi de machine à machine (M2M) avec potentiellement 50 à 70 milliards de machines dont seulement 1 % sont aujourd'hui connectées²⁰.

Aujourd'hui seuls 10 milliards d'objets mondiaux (sur un total de $1,5 \times 10^{11}$) seraient connectés²¹. La société Cisco estime qu'il existerait ainsi actuellement, en moyenne, 200 objets connectables par personne dans le monde. **Le potentiel de « choses » qui pourraient être connectées d'ici 2020 est estimé entre 30 et 212 milliards selon les sources retenues (cf. figure 3).**

Figure 3 : Estimation du nombre d'objets connectés en 2020



Source : G9+, *Les nouveaux eldorados de l'économie connectée*, 2013.

²⁰ « Ce chiffre est utilisé par divers auteurs sur l'hypothèse que chaque personne est entourée d'une dizaine de machines ». Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, Comité économique et social européen et au Comité des régions, *L'Internet des objets : un plan d'action pour l'Europe*, 2009.

²¹ Cisco, *L'Internet of Everything, un potentiel de 14,4 trillions de dollars*, 2013.

Ces chiffres soulignent le **vaste potentiel de connexion** : des évolutions technologiques majeures permettent d'**envisager une diffusion très large des objets connectés** au travers :

- de différents types de capteurs²², actionneurs ou de solutions technologiques en évolution (solution RFID (*radio frequency identification*), capteurs MEMs (microsystèmes électromécaniques), etc.) ;
- de réseaux qui supportent cette extension de l'univers numérique comme le système d'adressage IPV6 (*Internet Protocol Version 6*) ou des réseaux locaux de type NFC (*Near Field Communication*), Zigbee, LTN (*Low Throughput Networks*) et des réseaux large bande, etc.

Face à cette forte croissance des objets connectés, des enjeux technologiques majeurs se posent toutefois : comment améliorer la performance des solutions, permettre une meilleure interopérabilité des systèmes et enfin concevoir une gestion efficace des données ?

Il devient essentiel aujourd'hui de conforter :

- **la fiabilité des solutions** dans certains contextes d'usage complexe ;
- **la pérennité des solutions** grâce à :
 - la flexibilité de dispositifs qui doivent pouvoir évoluer et s'adapter ;
 - l'interopérabilité de tous les composants d'une solution.

²² On entend par capteur « un dispositif qui recueille un phénomène pour en faire l'analyse, le mesurer, le transformer en un signal correspondant » (source : Trésor de la langue française informatisé).

Par exemple, la convergence entre les solutions RFID²³ et les solutions mobiles doit être favorisée. Cette question dépasse cependant la seule dimension technique, elle a des incidences juridiques (prolifération des brevets par exemple), économiques (royalties) et de gouvernance. Une des incertitudes qui pèsent sur le développement de l'Internet des objets réside dans la concurrence que se livrent les solutions technologiques avec des offres RFID disponibles sur le marché très nombreuses et beaucoup de laboratoires qui travaillent sur des solutions alternatives, qui pourraient à terme remplacer les solutions RFID (ex. système d'identification acoustiques, systèmes optiques, détection ADN, ou encore du marquage logiciel).

Les caractéristiques de l'objet dit connecté²⁴

Les objets connectés se définissent en termes d'identité, d'interactivité, de « *shadowing* », de sensibilité et d'autonomie.

Identité

Pour que les objets soient gérables, ils doivent être identifiables comme une entité unique. Par exemple, il peut être suffisant pour un détaillant de savoir (à partir d'un code-barres) qu'une cargaison est en transit entre deux villes. En général, les identificateurs sont numériques. Par exemple, les livres ont un numéro ISBN. Des éléments individuels peuvent également être affectés pour identifier les objets avec par exemple, les étiquettes RFID, les adresses

²³ La radio-identification, le plus souvent désignée par le sigle RFID (radio frequency identification), est une méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance.

²⁴ Les données de cet encadré sont une traduction de : Jon Collins, *The Internet of things : a market landscape*, Gigaom Pro, juin 2013.

IP ou les numéros codés en dur (par exemple, dans le *firmware*²⁵).

Interactivité

Les progrès technologiques ont permis de connecter une grande variété d'objets et de dispositifs. Un objet n'a pas besoin d'être connecté à un réseau à tout moment. Pour des objets dits passifs tels que des livres ou des DVD, des étiquettes RFID doivent seulement être en mesure de signaler leur présence, de temps en temps, comme au moment de quitter un magasin. A l'inverse, les objets actifs, qui ont une plus grande capacité de traitement, peuvent être connectés tout le temps ou peuvent établir une connexion seulement quand ils ont besoin d'échanger des informations.

Shadowing

La notion de *shadowing* désigne le fait qu'un programme logiciel puisse tout connaître d'un objet physique et agir en son nom. Grâce à cela, même un objet physique « muet » peut avoir une représentation virtuelle relativement intelligente. Ceci est parfois désigné sous le nom de cyber-objet ou d'agent virtuel. Par exemple, une bouteille de lait peut avoir un identifiant unique et la capacité d'indiquer sa présence à un capteur local, situé dans le réfrigérateur. Dans un autre endroit, un programme (l'agent virtuel de la bouteille de lait) possède d'autres informations sur la bouteille (où elle a été achetée, quand elle se périmé, etc.). Ce programme peut communiquer à son tour avec le frigidaire et indiquer ces informations à l'utilisateur.

²⁵ Un *firmware*, parfois appelé micrologiciel ou microcode, est un ensemble d'instructions et de structures de données qui sont intégrées dans du matériel informatique pour qu'il puisse fonctionner.

Sensibilité

Un objet peut transmettre des informations non seulement sur son propre état, mais aussi sur les caractéristiques de son environnement. Il peut ainsi avoir des capteurs signalant les niveaux de température, d'humidité, de vibrations, d'emplacement ou de bruit. Il peut enfin être en mesure d'enregistrer et/ou de diffuser des informations audio ou vidéo, si la bande passante disponible est suffisante.

Autonomie

Les objets doivent pouvoir être traités et surveillés individuellement, généralement depuis un point éloigné, et doivent fonctionner indépendamment d'une télécommande. Le concept d'« indépendance » est ainsi central : chaque objet devient responsable de lui-même, même s'il peut être interrogé par un tiers pour connaître son état. Les objets peuvent ainsi présenter divers degrés d'autonomie.

Ces caractéristiques permettent non seulement aux éléments physiques d'acquérir de nouvelles capacités, mais aussi de créer de nouveaux objets. **L'Internet des objets ouvre donc un environnement ultra-connecté, des capacités et des services permettant une interaction avec et entre les objets physiques et leur représentation virtuelle.**

1.2.2. La mise en donnée de tout, de Gutenberg au Big data

Vers 1450, Johannes Gutenberg met au point la presse à imprimer typographique, la machine « disruptive » de la Renaissance qui fonctionnera jusqu'à l'invention des mécaniques du XIX^e siècle. Le premier ouvrage imprimé, le « Psautier de Mayence », paraît en 1457 et l'essor de la production imprimée, avec la diffusion du savoir qui l'accompagne, est ensuite phénoménal. D'après l'historienne Elizabeth Eisenstein, en cinquante ans, entre 1457 et 1500, près de huit millions de livres furent imprimés, soit l'équivalent de tout ce qui avait été produit par les scribes d'Europe depuis la fondation de Constantinople²⁶.

Historiquement, le stock d'information dans le monde a donc doublé en presque cinquante ans ; il vient de doubler à nouveau en seulement trois ans²⁷. Le monde regorge d'informations et connaît une accélération de la production et de la collecte des données.

L'époque du Big data constitue comme jamais auparavant un défi pour notre mode de vie et modifie notre relation avec le monde : « *il ne s'agit plus de connaître le pourquoi, mais seulement le quoi. La révolution ne réside pas dans les calculs effectués par les machines mais dans les données elles-mêmes et la façon de nous en servir* »²⁸.

Big data : Volume, Vitesse, Variété pour créer de la Valeur

Le Big data, littéralement « grosses données », désigne des ensembles de données qui deviennent si volumineux qu'ils en deviennent difficiles à traiter avec les seuls outils de gestion de base de données ou les outils classiques de gestion de l'information. Le

²⁶ Elizabeth L. Eisenstein, *La révolution de l'imprimé. Dans l'Europe des premiers temps modernes*, mai 1991.

²⁷ Viktor Mayer-Schönberger et Kenneth Cukier, *Big Data, la révolution des données est en marche*, 2014.

²⁸ *Ibid.*

Big data désigne aussi **l'ensemble des technologies, infrastructures et services permettant la collecte, le stockage et l'analyse de données recueillies et produites en nombre croissant**, grâce à des traitements automatisés et au recours aux technologies de l'intelligence artificielle. Le Big data s'appuie sur le développement d'applications à visée analytique, qui traitent les données pour en extraire du sens. Ces analyses sont appelées *Big analytics* ou « broyage de données » et sont à l'origine de nouvelles technologies de traitement de données comme MapReduce de Google ou son équivalent en version open source, Hadoop²⁹. Le Big data se réfère ainsi à ce qui peut être accompli à grande échelle et ne peut pas l'être à une échelle plus petite.

L'augmentation de la masse de données numériques s'explique par trois facteurs principaux, bien connus sous la « formule des 3V » (cf. figure 4) :

- l'explosion du **volume** de données émises. À titre d'exemple, en 2013 le volume de données collectées ou manipulées a dépassé les quatre zettaoctets ;
- la **variété** des outils connectés et la masse non structurée des données produites par ces multiples sources. Les données proviennent principalement de la généralisation des outils numériques performants et connectés (smartphones, ordinateurs, etc.) ainsi

²⁹ Hadoop est une structure logicielle (un framework) libre destiné à faciliter la création d'applications. Il a été créé par Doug Cutting et s'est inspiré des publications MapReduce, GoogleFS et BigTable de Google. MapReduce est un patron d'architecture de développement informatique, inventé par Google, dans lequel sont effectués des calculs parallèles, et souvent distribués, de données potentiellement très volumineuses, typiquement supérieures en taille à un téraoctet. MapReduce permet de manipuler de grandes quantités de données en les distribuant dans un cluster de machines pour être traitées. Ce modèle connaît un vif succès auprès de sociétés possédant d'importants centres de traitement de données telles Amazon ou Facebook.

que de l'accès à l'information (réseaux sociaux, *open data*, etc.) mais surtout de l'augmentation très importante des données issues d'objets interconnectés (par exemple, du fait des puces RFID).

- la **vélocité** de l'information et une vitesse de traitement simultanée des données qui augmente.

Figure 4 : La formule des 3V du Big data



Aux trois « V » du Big data s'ajoute celui de la **valeur** que représentent ces données pour l'entreprise ou l'individu. En 1986, alors que le sujet de la donnée commençait à prendre de l'importance, Hal B. Becker publiait un avis resté célèbre pour sa nature visionnaire : « *est-ce que l'utilisateur peut réellement absorber les quantités de données qu'il reçoit au rythme actuel ? Le pourra-t-il demain ? La densité d'information à l'époque de Gutenberg était approximativement de 500 caractères par inch³⁰ carré, soit 500 fois ce qu'elle était à l'époque de Summer, 4000 ans avant Jésus-Christ. En 2000, l'on prévoit que cette capacité sera de $1,25 \times 10^{11}$ octets par inch carré* »³¹.

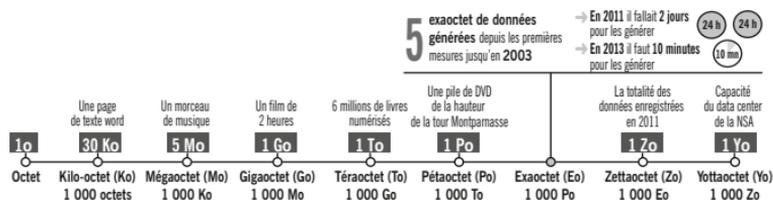
³⁰ Le « inch » (pouce) est une unité de mesure britannique qui vaut à peu près 2,54 cm.

³¹ Hal B. Becker, « Can users really absorb data at today's rates? Tomorrow's? », *Data Communications*, juillet 1986.

Comme le montre la figure 5, la vision de Hal B. Becker s'est largement concrétisée puisqu'**en 2011, un zettaoctet de données a été enregistré, soit 200 fois plus en une seule année que ce qui avait pu être mesuré jusqu'alors.** « *Il est extrêmement difficile de se faire une représentation claire d'un tel volume de données. Seraient-elles sous forme de livres imprimés qu'elles couvriraient la superficie totale des États-Unis sur 52 strates d'épaisseur. Sous forme de CD-Rom empilés, elles s'étireraient jusqu'à la lune en cinq piles séparées* »³². **En 2013, 4,4 zettaoctets de données ont été générés. Il a été estimé que cette quantité serait de 44 zettaoctets en 2020**³³.

Figure 5 : L'échelle des données, de l'octet au yottaoctet

De l'octet au yottaoctet, l'échelle des données



Source : « La déferlante des octets » *Le journal du CNRS*, décembre 2012.

La **baisse des coûts de stockage** joue aussi sur le développement du Big data. Selon la société Nova Scotia, le prix de stockage du gigaoctet pour un disque dur est passé d'environ 13,50 euros en février 2000 à 0,09 euros en août 2010, puis à 0,06 euros en juillet

³² Viktor Mayer-Schönberger et Kenneth Cukier, *Op. cit.*

³³ EMC et IDC, *Op. cit.*

2013³⁴. L'avènement d'outils comme le **cloud computing**³⁵ permet par ailleurs de stocker ces données à moindre coût. La prochaine génération d'objets reposera certainement davantage sur le *cloud* et des systèmes de connexion M2M. On notera ainsi que de **nombreux projets se concentrent sur des technologies de communication à bas débit et longue distance**, utiles pour réunir des informations de réseaux de capteurs déportés (*cf.* Sigfox qui se définit comme le premier opérateur cellulaire bas débit au M2M et à l'Internet des objets). **Cloud et Big data deviennent aujourd'hui deux éléments indissociables.**

Le phénomène du Big data est aussi marqué par³⁶ :

- des marchés émergents qui produiront bientôt plus de données que les pays développés : actuellement, 60 % des données numériques sont issues des marchés matures ;
- un volume de données qui augmente plus vite que la capacité de stockage disponible ;
- des entreprises majoritairement responsables des données créées par les consommateurs : si deux tiers des données de la sphère numérique sont générées ou utilisées par les consommateurs et les salariés, 85 % sont créées par les entreprises.

³⁴ Taux de conversion en janvier 2015, soit 1 dollar pour 0,839 euro.

³⁵ Le National Institute of Standards and Technology (NIST) définit le cloud computing comme un « *modèle permettant un accès réseau pratique et à la demande à une famille de ressources informatiques partagées par tous qui peuvent être rapidement mobilisées ou libérées en utilisant des efforts minimaux de gestion ou d'interaction avec le fournisseur de service* ».

³⁶ EMC et IDC, *Op. cit.*

L'essor du Big data fait évoluer l'ensemble de la société

Les ensembles de données constituent une nouvelle opportunité de valeur économique et d'innovation. **L'apport du Big data ne réside pas dans les calculs effectués par les machines, mais dans les données elles-mêmes et dans la façon de les exploiter.** En 2013, selon l'IDC, seuls 22 % de la quantité de données digitales est analysable et moins de 5 % est effectivement analysé. En 2020, 35 % de ces données seront analysables³⁷.

L'organisation de la société va devoir évoluer avec la possibilité d'analyser des quantités bien plus grandes de données, lorsque seul existait jusqu'alors le recours à l'échantillonnage. Viktor Mayer-Schönberger rappelle ainsi que, « *durant la plus grande partie de notre histoire humaine, nous n'avons travaillé qu'avec une petite quantité de données parce que nous ne disposions que d'outils limités pour les collecter, les organiser, les stocker et les analyser. Nous avons fait le tri des informations sur lesquelles s'appuyer pour n'en garder que le strict minimum et en faciliter ainsi l'examen. C'était une forme inconsciente d'autocensure : nous avons traité la difficulté qu'il y avait à interagir avec les données comme un fait regrettable au lieu de la considérer pour ce qu'elle était, à savoir une contrainte artificielle imposée par la technologie de l'époque* »³⁸.

Le Big data autorise également une moindre exigence quant à l'exactitude des données en raison des grands volumes de données et de la capacité à prendre en compte le « désordre ». Le Big data nous rapproche plus de la réalité que ne le faisaient des masses plus petites de données aussi exactes fussent-elles. Ainsi, « *des modèles simples et une grande quantité de données surpassent des*

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Kenneth Cukier et Viktor Mayer-Schonberger, *Op. cit.*

modèles plus élaborés fondés sur une quantité moindre de données. Passer à un monde de Big data nous demandera de changer de point de vue sur les mérites de l'exactitude. En effet, l'obsession de l'exactitude est un artefact de l'époque de l'analogique où les informations étaient peu nombreuses. Il faut souligner que le désordre n'est pas une caractéristique des gros volumes mais est dû à l'imperfection de nos outils actuels de mesure, d'enregistrement et d'analyses des informations »³⁹.

Par ailleurs, le développement du Big data devrait engendrer un recul de la « quête de causalité » en favorisant désormais une logique de corrélation :

- l'émergence du **concept de « mise en données »** avec le recueil systématique d'informations, non prises en considération jusque-là car les signaux étaient trop faibles pour les enregistrer, les transformer en données et les valoriser. Cette mise en données de tout donnera les moyens de cartographier le monde de manière quantifiable et analysable ;
- **un déplacement de la valeur des données** entre leur utilisation initiale et de futures utilisations potentielles à plus forte valeur ajoutée. Ce phénomène modifiera la manière dont les entreprises évaluent les données en leur possession. Viktor Mayer-Schönberger et Kenneth Cukier précisent sur ce point que « *les informations sont un bien « non rival », ainsi la consommation de ce bien par l'un n'empêche pas l'autre de le consommer, elles peuvent non seulement servir plusieurs fois mais elles peuvent aussi être exploitées à de multiples fins.* **L'importance de cette réutilisation des**

³⁹ Peter Norvig, *The Unreasonable Effectiveness of Data*, 2009.

données n'est pas encore appréciée à sa juste valeur dans le monde des affaires ni par la société. Il existe une limite à l'utilité et à la valeur des données : la plupart des données perdent de leur intérêt avec le temps (toutes les données ne perdant pas cependant de la valeur au même rythme et de la même façon) »⁴⁰.

À l'ère du Big data, toutes les données sont donc considérées comme précieuses par définition.

De l'octet au yottaoctet : le développement exponentiel du Big data

Deux lois expliquent l'augmentation vertigineuse et continue de la masse de données disponibles dans l'environnement numérique contemporain. La première est la « loi de Moore », du nom du cofondateur de la société de processeurs Intel, qui constatait empiriquement dès 1965 que le « *nombre de transistors par circuit de même taille doublait tous les dix-huit mois, sans augmentation de leur coût* »⁴¹. Ce constat, jamais démenti jusqu'à présent, a depuis été élargi aux mémoires de stockage des données. La seconde règle est le « calcul de Grötschel » qui établit que « *la vitesse de calcul des algorithmes progresse quarante-trois fois plus vite que la puissance des micro-processeurs, les algorithmes pouvant être définis comme les séquences d'opérations et d'instructions d'un programme informatique* »⁴².

Ces deux lois expliquent la diminution du coût du stockage et celle du coût de la puissance de calcul des ordinateurs. La combinaison

⁴⁰ Kenneth Cukier et Viktor Mayer-Schonberger, *Op. cit.* La notion de valeur d'option des données intègre notamment la réutilisation des bases de données, la fusion de plusieurs ensembles de données et la recherche d'ensembles de données qui font d'« une pierre deux coups ».

⁴¹ Gordon Moore, *Electronics Magazine*, 1965. Au sens strict, on ne devrait pas parler de loi de Moore mais de conjectures puisque les énoncés de Moore ne sont en fait que des suppositions.

⁴² Sénat, Rapport de la mission commune d'information de Catherine Morin-Desailly sur la gouvernance mondiale de l'Internet, 8 juillet 2014.

de ces deux éléments permet en conséquence de traiter des quantités toujours croissantes de données, conférant une réalité au Big data.

La montée en puissance du Big data aujourd'hui est également la conséquence de facteurs technologiques, dont trois doivent être plus particulièrement détaillés :

- **l'uniformisation des réseaux d'échanges de données.** Jusqu'à peu, les systèmes informatiques communiquaient *via* des protocoles propriétaires et il n'était pas aisé de les faire échanger entre eux. L'émergence d'un seul standard (le protocole Internet) a eu un rôle essentiel dans le développement du monde de la donnée. À mesure que les systèmes informatiques se développaient, l'interconnexion des grands ensembles entre eux a été facilitée ;
- **la multiplication des outils informatiques.** Comme nous l'avons déjà évoqué, nous constatons une croissance quasi exponentielle des objets connectés : smartphones, tablettes numériques, capteurs machines, pèse-personnes, bracelets, montres, etc. Ils occupent une part de plus en plus importante de notre quotidien au fur et à mesure que les usages se développent. En outre, les performances de ces outils connectés ainsi que leurs processeurs, cartes mères ou autres puces grandissent et permettent de produire et de traiter des volumes de données plus importants ;
- **l'émergence de technologies appropriées au traitement des grandes quantités de données, comme le NoSQL⁴³.**

⁴³ NoSQL (*Not only SQL* en anglais) désigne une catégorie de systèmes de gestion de base de données (SGBD) qui n'est plus fondée sur l'architecture classique des bases relationnelles. L'unité logique n'y est plus la table, et les données ne sont en général pas manipulées avec SQL (*Structured Query Language*, en français langage de requête structurée).

1.2.3. L'économie numérique nous fait entrer dans « l'âge de la multitude »

La société contemporaine se caractérise d'abord par son « hyperfluidité » où le changement permanent, l'imprévisibilité et l'incertitude deviennent la norme. Pour expliquer le potentiel et les enjeux de ce monde numérique hyperfluide et hyperdense, Nicolas Colin et Henri Verdier ont introduit le **concept de multitude** : les individus « *disposent d'une puissance de création, de communication et de coordination sans précédent [...] ils forment une communauté créative et mobile* »⁴⁴. Selon eux, « *l'économie numérique ne se développe pas tant grâce au progrès technique que grâce à la puissance de la multitude. Ainsi, les gagnants de cette économie ne sont pas forcément ceux qui réalisent les plus belles prouesses technologiques mais ceux qui mettent au point les stratégies les plus performantes de captation de cette puissance* ».

« *La multitude soutient une **économie de la contribution*** » que les objets connectés favorisent, car les individus qui composent cette multitude sont aujourd'hui connectés dans de plus en plus d'aspects de leur vie. Ainsi, pour les organisations, il est difficile de rémunérer systématiquement l'activité de la multitude et il est parfois tout aussi difficile de faire payer la multitude lorsque son activité spontanée a été facilitée par les organisations.

Les nouveaux actifs immatériels issus de la donnée deviennent aussi importants que les actifs matériels ou immatériels classiques (terrains, biens meubles, outils de production ou encore marques,

⁴⁴ Nicolas Colin et Henri Verdier, *L'âge de la multitude : entreprendre et gouverner après la révolution numérique*, 2012. Toutes les citations qui suivent sont également issues de cet ouvrage.

brevets et droits de propriété). Ces actifs immatériels classiques ne prennent pas en compte ce qui fait « *l'essentiel de la valeur d'une entreprise dans l'économie numérique : sa capacité à capter l'externalité positive que constitue la puissance de la multitude* ». À titre d'exemple, la force de la multitude tient aussi à différents éléments qui échappent à la propriété intellectuelle, comme le « *design réussi d'une application, la capacité à itérer, la position dominante sur un marché, l'ouverture d'une plateforme logicielle permettant à des développeurs de s'emparer de ses ressources à des fins d'hybridation* ». Dans cette société de la multitude, la technologie numérique est nécessaire mais n'est pas le moteur principal. Les applications sont le lieu de l'innovation car « *elles constituent l'interface où la technologie, transformée en expérience, rencontre le marché* ». Toute plateforme est en effet issue d'une application, et transformer une application en plateforme est une grande réussite industrielle qui fournit un avantage comparatif décisif. **Les plateformes sont aujourd'hui les infrastructures de l'économie numérique.**

Le rôle et la nature des *Application Programming Interfaces* (API, cf. *infra*) sont déterminants dans la force et le développement d'une plateforme. « *L'accroissement de l'emprise des plateformes est indissociable de la révolution numérique – comme des profondes mutations qu'elle entraîne dans l'économie mondiale* ». Certaines plateformes offrent des ressources techniques ou un accès à un marché à des développeurs d'applications (App store ou Windows), d'autres captent la « *puissance bouillonnante de la multitude pour mieux lui redonner les moyens d'utiliser cette puissance (Twitter)* ». **L'économie numérique, appuyée par l'essor du Big data et des objets connectés fait de chacun un acteur.**

1.3. De l'Internet des objets à l'« Internet du Tout connecté » (*Internet of Everything*)

L'Internet des objets est un système de systèmes. Au cœur de cet Internet des objets se trouve la capacité de l'objet à interconnecter et interagir entre son environnement physique et son écosystème numérique.

L'Union internationale des télécommunications (UIT) définit l'Internet des objets comme une extension de l'Internet tel que nous le connaissons aujourd'hui, par la création d'un réseau omniprésent et auto-organisé d'objets physiques connectés, identifiables et adressables permettant le développement d'applications au sein de secteurs verticaux clés et entre ces secteurs par le biais de puces intégrées⁴⁵.

L'Internet des objets regroupe trois natures d'appareils :

- les objets connectés directement à Internet ;
- le M2M qui définit la communication entre machines et l'accès au système d'information sans intervention humaine via une technologie Bluetooth, RFID, NFC⁴⁶, Wifi ou 4G par exemple ;
- les terminaux communicants (*smart connected devices*) comme les tablettes ou les smartphones.

⁴⁵ Circuits et microprocesseurs intégrés, communément appelés « puces ».

⁴⁶ Bluetooth est une norme de communication basée sur les ondes radio (1 à 100 mètres) ; la puce RFID (*radio Frequency Identification*) est une étiquette électronique incrustée à l'objet qui permet la mémorisation et la récupération de données à distance, NFC (*near field communication*) est une technologie de communication sans fil qui permet l'échange d'informations entre les puces RFID.

L'Internet des objets ne se limite donc pas au monde en ligne et permet potentiellement d'attribuer à chaque objet un double virtuel, une copie simplifiée des caractéristiques de l'objet présent dans le contexte physique. On notera qu'une des ruptures importantes introduite dans l'Internet des objets est venue du design et de l'ergonomie introduits notamment par Apple.

Après l'Internet des objets, la prochaine vague de croissance d'Internet viendra certainement de la convergence des personnes, des processus, des données et des objets : il s'agit de l'*Internet of Everything* (IoE), ou « Internet du Tout connecté ». L'*Internet of Everything* est la mise en réseau des personnes, des processus, des données et des objets. C'est un Internet multidimensionnel qui embrasse les champs de l'Internet des objets et de celui du Big data.

Figure 6 : Définition de l'*Internet of Everything*



Source : Cisco, *Value of the Internet of Everything for Cities, States and Countries*, 2013.

Le développement de l'Internet du Tout connecté s'appuie sur trois tendances :

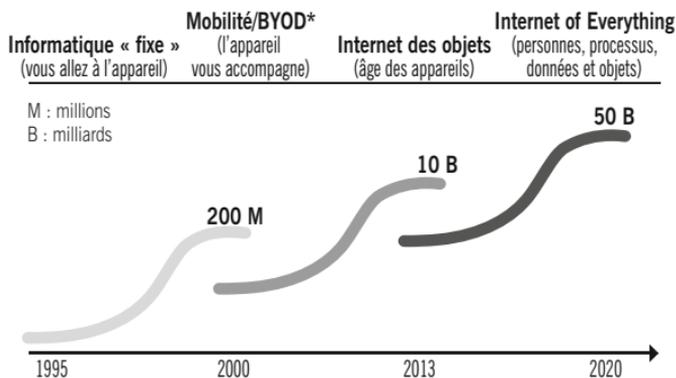
- **les évolutions technologiques permettent de dégager davantage de bénéfices de la connectivité.** Par exemple, l'augmentation considérable de la puissance de traitement, du stockage et de la bande passante disponible à des coûts toujours plus faibles ; la croissance rapide du *cloud*, des médias sociaux et de l'informatique mobile ; les possibilités d'analyse du Big data et d'obtention d'informations exploitables, ou encore l'amélioration de l'interopérabilité des technologies - matérielles et logicielles.
- **la contrainte des formats perd en influence.** Aujourd'hui, un ordinateur de la taille d'un grain de sel (1 x 1 x 1 mm) est équipé d'une cellule solaire, d'une batterie ultramince, d'une mémoire, d'un capteur de pression, d'une radio et d'une antenne sans fil. De même, des capteurs de la taille d'un grain de poussière (0,05 x 0,005 mm) sont capables de détecter et de communiquer la température, la pression et les mouvements. Ces développements sont importants, car les objets connectés à Internet dans le futur pourraient être invisibles à l'œil nu.
- enfin, les **obstacles à la connectivité s'effacent.** Par exemple, le protocole IPv6⁴⁷ a dépassé les limites d'IPv4 en permettant la connexion de 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768

⁴⁷ IPv6 (*Internet Protocol version 6*) est un protocole réseau sans connexion de la couche 3 du modèle OSI (*Open Systems Interconnection*). Grâce à des adresses de 128 bits au lieu de 32 bits, IPv6 dispose d'un espace d'adressage bien plus important qu'IPv4. Cette quantité d'adresses considérable permet une plus grande flexibilité dans leur attribution et une meilleure agrégation des routes dans la table de routage d'Internet. La traduction d'adresse, qui a été rendue populaire par le manque d'adresses IPv4, n'est plus nécessaire.

211 456 personnes, processus, données et objets supplémentaires à l'Internet. Ce protocole offre une capacité d'adresses de $4,8 \times 10^{18}$.

De manière encore plus prégnante qu'avec l'Internet des objets, l'Internet du Tout connecté repose sur la collecte, le traitement et l'analyse des informations individuellement ou collectivement partagées : les Big data. **L'Internet du Tout connecté est en outre porté par l'essor des objets connectés** comme le résume la figure 7.

Figure 7 : Croissance estimée du nombre d'objets connectés à Internet



* BYOD : *Bring your own device* (« amenez votre propre appareil »).

Source : Prévisions du trafic de données Cisco (ISBG), 2013.

Les progrès du Big data et des objets connectés s'ajoutent aux ressources déjà disponibles pour accélérer la révolution numérique et développer les écosystèmes associés. Selon Ray Kurzweil, le « *coude au-delà duquel toute courbe exponentielle s'infléchit semble encore très loin* »⁴⁸.

⁴⁸ Ray Kurzweil, *Op. cit.*

De nombreuses voix s'accordent à dire que **le Big data et les objets connectés représentent un important potentiel économique qui pourrait devenir un relais de croissance majeur pour nos économies endormies**. Quelles sont les perspectives de création de valeur associées au Big data et aux objets connectés et quels pans de l'économie concernent-ils ?

LES PERSPECTIVES DE CRÉATION DE VALEUR ASSOCIÉES AU BIG DATA ET AUX OBJETS CONNECTÉS

2.1. **L'Internet des objets et le Big data étendent la révolution numérique à tous les pans de l'économie**

2.1.1. **Des secteurs économiques immatériels déjà profondément transformés**

Trois aspects de la révolution numérique en particulier bouleversent la technologie, l'industrie et l'économie avec de profondes conséquences sociétales : « *la baisse des coûts de l'informatique et des télécommunications qui deviennent insensiblement des ressources abondantes et bon marché, à la portée de tous, l'entrée dans une période d'innovation continue et jamais achevée et la démultiplication de la puissance créatrice et du désir de créer en dehors des institutions traditionnelles* »⁴⁹.

Ces évolutions entraînent des mécanismes économiques nouveaux et permettent en particulier le **développement d'activités à rendements croissants qui redéfinissent les règles du jeu concurrentiel.**

⁴⁹ Nicolas Colin et Henri Verdier, *Op. cit.*

À l'ère de la production de masse, les rendements étaient croissants avec l'activité dans un premier temps, avant de décroître, car les entreprises étaient soumises à deux lois qui s'opposent : elles cherchaient à améliorer leur productivité par une meilleure organisation du travail et des économies d'échelle, mais se heurtaient aux limites du monde physique, comme par exemple la difficulté à trouver des terres fertiles lorsque l'on augmente la production agricole.

L'ère numérique permet au contraire à des activités à rendements croissants de se développer. W. Brian Arthur a ainsi identifié dès 1996 trois raisons qui combinées engendrent ces rendements croissants⁵⁰ :

- **des coûts initiaux élevés et des coûts marginaux faibles.** Les activités numériques nécessitent souvent des coûts d'investissements initiaux importants, notamment pour leur conception. En revanche, leurs coûts unitaires tendent à décroître très rapidement. Par exemple, un logiciel peut demander un fort investissement en recherche et développement (R&D) mais chaque unité supplémentaire est vendue à un coût marginal quasiment nul ;
- **l'appropriation par les utilisateurs** : il est frappant de voir avec quelle rapidité les utilisateurs des plateformes Internet accueillent dans leur quotidien ces nouveaux usages. Cela n'est pas fortuit. C'est à la fois parce que le design de ces plateformes a été soigneusement pensé pour en simplifier l'usage, voire créer une certaine addiction, et parce qu'une part importante de la valeur, qu'elles créent est redonnée aux utilisateurs ;

⁵⁰ Pour plus d'informations, voir : W.Brian Arthur, « Increasing Returns and the New World of Business », *Harvard Business Review*, avril 1996.

- **les effets de réseaux** : la plupart des activités numériques s'inscrivent dans une logique de plateforme qui organise la rencontre de consommateurs et de fournisseurs : ainsi, Google permet à des annonceurs de cibler des visiteurs autour de son moteur de recherche. **La valeur du service croît avec le nombre de ses utilisateurs.** La qualité et l'exhaustivité des avis de consommateurs sur TripAdvisor augmentent très fortement avec le nombre de contributeurs : ce sont des **effets de réseaux simples**. Par la suite, cette masse d'utilisateurs attire un nombre croissant de fournisseurs de services qui à leur tour attirent plus d'utilisateurs, l'offre devenant plus complète : ce sont des **effets de réseaux croisés**.

Ces effets réseaux sont amplifiés par la forte baisse des coûts de communication qui donne la possibilité au monde entier de prendre part à ces plateformes. Enfin, le développement des API⁵¹ permet aux plateformes de s'étendre bien au-delà de leur propre service, en permettant à d'autres services de bénéficier des fonctionnalités de la plateforme tout en contribuant à la renforcer. C'est le cas de l'API Facebook Connect qui permet aux sites Internet qui l'utilisent d'offrir à leurs utilisateurs un moyen simple de s'identifier, tout en permettant à Facebook d'augmenter l'utilité de sa plateforme, d'enrichir son contenu et de mieux connaître ses clients.

Conséquence directe de ces rendements croissants, les secteurs transformés par le numérique voient émerger des acteurs monopolistiques et globaux. Ces derniers redéfinissent les règles du jeu

⁵¹ Les API (*Application Programming Interface*) sont des interfaces de programmation. Une API permet notamment de faire le lien entre un utilisateur et une application. Il s'agit de la partie exposée d'un programme permettant le contrôle de ce dernier sans en maîtriser toutes les différentes composantes. Les API assurent également l'interopérabilité de différents programmes et plateformes.

concurrentiel dont les facteurs clés de succès peuvent être résumés ainsi : course à la croissance, capacité à se positionner comme une plateforme et service rendu au client.

Une étude récente⁵² met en avant la croissance forte et continue comme principal caractère distinctif des acteurs ayant dépassé la barre des 4 Mds\$ de revenu (moins de 1 % des 3 000 entreprises étudiées). Les acteurs de l'ère numérique sont ainsi embarqués dans une **course effrénée à la croissance**, nécessitant souvent l'immobilisation de capitaux initiaux importants.

La même étude souligne également la capacité qu'ont eue les géants de l'Internet à se **transformer en plateformes** et ainsi bénéficier à plein des effets réseaux et de la puissance de la multitude. Par exemple, l'éditeur de solutions Salesforce.com s'est mué en plateforme en lançant Force.com qui permet aux entreprises de développer leurs propres applications, et Appexchange, qui permet aux éditeurs de logiciels de vendre leurs applications à ses 100 000 clients.

Enfin, et c'est peut-être le plus important, **le champ de la concurrence est avant tout celui de l'expérience et du service rendu au client**. Contrairement aux produits traditionnels qui évoluent lentement, les produits et services de l'ère du numérique évoluent en permanence. Les positions acquises par les acteurs de l'ère numérique peuvent rapidement être reprises par des acteurs plus à l'écoute des attentes des utilisateurs (cf. la quasi-disparition de MySpace).

Les premiers secteurs économiques à avoir basculé dans l'ère numérique étaient les plus simples à transformer de par leur nature

⁵² Eric Kutcher, Olivia Nottebohm et Kara Sprague, *Grow fast or die slow*, McKinsey&Company, avril 2014.

immatérielle : la musique, la vidéo, l'édition, le tourisme, etc. Les nouveaux codes de l'ère numérique ont été déstabilisants pour les acteurs établis car ils n'entraient pas dans leur modèle habituel de prise de décision et de gestion du risque. Investir massivement sans pouvoir évaluer le futur retour sur investissement, ou mettre à disposition d'autres acteurs certains de ses actifs pour devenir une plateforme, ne fait pas partie de la stratégie des acteurs traditionnels et nécessite une transformation culturelle et organisationnelle en profondeur que peu d'acteurs ont su réaliser suffisamment rapidement.

Les chaînes de valeur des secteurs ayant basculé dans l'ère numérique ont été systématiquement redéfinies. Des plateformes, opérées par des acteurs globaux et monopolistiques, sont venues « **désintermédier** » les acteurs traditionnels qui ont réagi trop tardivement ; comme par exemple iTunes vis-à-vis des majors de la musique ou Booking.com vis-à-vis des hôteliers.

2.1.2. L'Internet des objets étend la révolution numérique à tous les secteurs économiques

Les analyses menées notamment par Carlota Perez⁵³ permettent de constater que **les vagues de développement économique suivent un cycle binaire similaire :**

- tout d'abord, **une période d'installation**, marquée par la spéculation, l'explosion de nouvelles technologies et la prédominance du capital financier. Cette phase est souvent caractérisée par

⁵³ Universitaire spécialiste de l'analyse des cycles technologiques et leurs relations avec les cycles financiers et économiques. Elle a approfondi les travaux sur la création-destructrice de Shumpeter avec sa théorie des « grandes vagues » systémiques de développement économique depuis la révolution industrielle en Europe et en Amérique du Nord.

l'émergence de bulles financières qui fournissent le capital nécessaire aux nouvelles infrastructures pour se développer et se déployer ;

- puis, une **période de déploiement**, âge d'or économique et social porté par une adoption de la nouvelle technologie par tous les pans de l'économie et par un État plus actif. Entre ces deux périodes se trouve une phase de transition et de transformation, souvent caractérisée par une instabilité économique et politique et par l'éclatement des bulles spéculatives.

Figure 8 : Les deux périodes des révolutions technologiques



Source : Carlota Perez, *The direction of innovation after the financial collapse*, 9th Triple Helix Conference, juillet 2011.

Cette théorie s'applique également à la révolution numérique en marche depuis 40 ans : à ce jour, un nombre encore restreint de secteurs économiques (essentiellement des secteurs « immatériels ») ont réellement connu une transformation digitale.

Nous serions donc au point de bascule de l'ère numérique : de l'éclatement récent des bulles spéculatives⁵⁴ devrait naître une **période prospère**. Cette dernière sera marquée par **la diffusion du numérique dans l'économie réelle**, générant des gains de productivité et de nouveaux gisements de valeur.

Contrairement à l'informatique et à l'Internet, dont la diffusion se limitait au « non physique », **les objets connectés vont permettre au numérique de conquérir le dernier territoire sur lequel il n'avait encore d'emprise : le monde réel, celui des produits et du tangible.**

Figure 9 : La révolution Internet entre dans son « âge d'or »

Révolution	Année et pays	Période d'installation	Point de bascule	Période de déploiement
1 ^{re}	1771 Royaume-Uni	« Canal Mania »	1793-1797	« Grand bond » Anglais
2 ^e	1829 Royaume-Uni	Âge d'or des chemins de fer	1848-1850	Ère victorienne
3 ^e	1875 Royaume-Uni États-Unis Allemagne	Bulle des infrastructures de la première mondialisation (Argentine, Australie, États-Unis)	1890-1895	Belle époque
4 ^e	1908 États-Unis	Les années folles	Europe : 1929-1933 États-Unis : 1929-1943	Après-Guerre 30 Glorieuses
5 ^e	1971 États-Unis	Développement d'Internet et de la finance de marché	2000 et 2007 ???	Âge d'or global

Source : Carlota Perez, *Op. cit.*

⁵⁴ Voir notamment la tribune de Gérard Mestrallet, président-directeur général de GDF Suez : « Uber relance les interrogations sur une nouvelle bulle Internet », *Les Echos*, 7 décembre 2014.

Les travaux de Carlota Perez nous éclairent sur un autre aspect des révolutions technologiques : la **période de déploiement d'une technologie s'accompagne systématiquement d'une transformation radicale de la société**. Ainsi, au cours du XX^e siècle, l'ère de la production de masse dans les pays occidentaux a été marquée par l'avènement d'une classe moyenne qui a permis le développement d'une société de consommation, où « bien-être » rimait avec « possession ». **Or, la société de l'ère du numérique reste encore à inventer**. On voit cependant se dessiner certaines exigences : davantage de liberté dans l'organisation du temps et des activités professionnelles, moins d'attachement à la possession de biens matériels, plus d'attention pour la durabilité. Michael Porter⁵⁵ voit également dans les objets connectés une opportunité de répondre aux grands enjeux sociétaux, parce qu'ils permettront des avancées considérables en terme d'efficacité, de sécurité et de qualité tout en préservant les ressources de notre planète.

2.1.3. Toutes les entreprises doivent repenser leur *business model*

Un à un, tous les secteurs économiques vont basculer dans l'ère numérique, menaçant les entreprises de disparition si elles n'évoluent pas. **Le mandat des dirigeants est donc simple : amener les entreprises à envisager leur positionnement dans ce nouveau paradigme, à développer de nouveaux avantages compétitifs** – ceux de l'ère précédente devenant partiellement caduques - **puis à se transformer** pour mettre en œuvre cette nouvelle vision.

⁵⁵ Michael Porter et James E. Heppelmann, « How smart, connected products are transforming competition », *Harvard Business Review*, novembre 2014.

Positionnement et avantages compétitifs

Les entreprises doivent d'abord comprendre le potentiel de création de valeur des objets connectés et du Big data sur leurs marchés. Michael Porter⁵⁶ identifie **quatre capacités-clés des objets connectés combinés au Big data** :

- **la surveillance (ou *monitoring*)** : les capteurs placés sur les objets renseignent sur leur environnement et sur les conditions d'utilisation et d'opération des objets. L'exploitation de ces données peut être la source de nouveaux services, comme par exemple en médecine préventive. Ces données peuvent également être utilisées de façon indirecte pour mieux envisager la conception des futurs objets, mieux segmenter le marché et les prix, ou bien assurer un service après-vente plus efficace ;
- **le contrôle** : l'exploitation de ces données par des algorithmes placés dans le produit ou dans le *cloud* permet de commander à distance les objets s'ils sont équipés d'actionneurs ;
- **l'optimisation** : l'analyse des données de fonctionnement actuel et passé d'un objet, croisées avec l'ensemble des autres données environnementales et la possibilité de les contrôler, permet d'optimiser l'efficacité de l'objet ;
- **l'autonomie** : la combinaison de toutes les capacités précédentes et des dernières évolutions de l'intelligence artificielle permet d'atteindre un important niveau d'autonomie d'objets individuels (comme les robots aspirateurs ménagers) ou de systèmes complets (comme les *smartgrids*).

⁵⁶ *Ibid.*

De plus, **les objets connectés obligent les entreprises à réévaluer leur environnement**, car les données produites ainsi que les services et plateformes qui les accompagnent permettent une optimisation des systèmes à plus large échelle. Par exemple, le transport public est d'ores et déjà pensé dans le cadre d'un marché plus large de la mobilité, dans lequel la finalité n'est plus d'opérer un réseau de bus ou de métro, mais d'aider un client à se rendre d'un point A à un point B. L'écosystème s'élargit dès lors pour inclure tous les moyens de transport dans et autour de la ville (bus, métros, voiture individuelle, taxis, auto-partage, etc.), les applications mobiles de GPS urbain, les réseaux sociaux d'usagers et les infrastructures de la ville notamment (voierie, parkings, etc.).

Enfin, les entreprises doivent **anticiper l'apparition d'activités à rendement croissants**, où la multitude sera la plus à même de démultiplier la valeur des actifs et des services. Elles pourront créer des plateformes autour de ces activités pour permettre à ces rendements croissants de se matérialiser.

Transformation du modèle de l'entreprise

Une fois mesurée l'apparition des objets connectés et leur impact sur un marché défini, les entreprises doivent penser leur transformation pour exceller dans ce nouveau paradigme. Tout d'abord, l'entreprise doit faire évoluer la plupart de ses fonctions et savoirs faire, en termes de :

- **conception** : les objets connectés sont à la fois plus évolutifs, plus efficaces et moins énergivores. Une plus grande collaboration est nécessaire entre les équipes *software* et les équipes *hardware* pour concevoir de nouveaux produits et services qui intègrent plus d'intelligence, de capteurs et de fonctionnalités déportées dans le *cloud* et faisant appel au Big data ;

- **marketing** : les nouvelles données créées par les objets connectés permettent de mieux segmenter le marché et d'individualiser la relation client. Ce marketing individualisé permet également de concevoir des services plus facilement adaptables tout en préservant des économies d'échelle ;
- **services clients** : le rôle des services clients évolue progressivement vers la prévention des pannes, parfois à distance. L'analyse des données permet également à ces services de comprendre les causes de panne, afin notamment d'améliorer la conception.

Les ressources humaines jouent dans cette transformation un rôle central d'accompagnement, pour s'assurer de l'apport de compétences nouvelles en termes d'analyse de données, de design, d'ingénierie logicielle et mécanique ainsi que de développeurs. Elles doivent également accompagner les équipes en place pour les faire monter en compétence et éviter qu'une fracture générationnelle entre employés ne se forme.

Les entreprises devront également se doter d'**infrastructures technologiques** beaucoup plus robustes : la place de l'informatique et des communications va se renforcer, tout comme celle de la sécurité. Plus fondamentalement, les entreprises doivent faire évoluer leur structure et leur gouvernance pour gagner en agilité et en capacité d'adaptation. En effet, **l'Internet des objets suppose une innovation permanente : la rapidité d'exécution et la capacité à échouer puis rebondir rapidement seront primordiales**. Enfin, l'ouverture sur l'extérieur sera également un levier d'action essentiel pour s'intégrer aux plateformes et aux écosystèmes qui structureront les marchés.

2.2. Le potentiel économique de l'Internet des objets en France : entre 74 milliards d'euros en 2020 et 138 milliards d'euros en 2025

2.2.1. Les objets connectés et le Big data offrent de nouveaux leviers de création de valeur

Les objets connectés couplés à la capacité d'analyse du Big data fournissent aux entreprises, aux particuliers et aux administrations de nouveaux leviers d'action dont quatre en particulier doivent être soulignés :

- **disposer de plus d'informations pour la prise de décision.** Ainsi, les départements marketing disposent d'informations plus détaillées sur les usages qui sont faits de leurs produits et les préférences individuelles de leurs clients, et peuvent mieux répondre aux attentes de ces derniers ;
- **mieux anticiper afin d'agir plus tôt et à moindre coût.** Par exemple, dans le domaine de la santé le suivi régulier et précis de critères diagnostiques permet la détection précoce de certaines pathologies et en minimise pour l'avenir les conséquences ;
- **réaliser des économies en améliorant la productivité, l'utilisation des ressources et les processus industriels.** Ainsi, les voitures connectées devraient permettre de fluidifier le trafic routier et ainsi réduire la consommation globale de carburant. De même, la meilleure identification des pannes dans les usines permettra de minimiser les temps d'arrêt des processus de production ;

- **identifier de nouveaux gisements de valeur : « du Big data à la Big value ».** L'exploitation des données longitudinales et le croisement de sources de données disparates vont permettre d'améliorer la productivité (par exemple, l'optimisation d'un réseau de transport urbain par l'analyse des flux de voyageurs et de l'évolution de l'urbanisation), de développer de nouveaux produits (par exemple, le lancement de nouvelles molécules facilité par une conception et une analyse plus fine des tests cliniques) et de mieux lutter contre les pertes (par exemple les fuites d'eau ou les fraudes).

Les bénéfices des objets connectés iront cependant bien au-delà de la simple valeur économique. Du point de vue de l'individu, ils auront également un impact très significatif sur la vie quotidienne. Ils vont ainsi contribuer à **améliorer le bien-être et la qualité de vie** (*via* l'automatisation des tâches, d'une part, et les progrès de la médecine, d'autre part), à réduire les pertes de temps (par exemple *via* les changements dans la mobilité) et le temps passé à travailler, et enfin à réduire les risques (d'accidents, de santé ou industriels).

Au niveau de l'État, les objets connectés représentent **un levier de réindustrialisation**, pour produire ces nouveaux objets mais également pour se doter d'un outil de production plus compétitif (les « usines connectées »). Ils constituent également **un enjeu de localisation de la valeur**. La France et l'Europe n'hébergent aucune des grandes plateformes Internet qui ont agrégé une part importante de la valeur des premières industries à basculer dans le numérique, et doivent donc veiller à attirer celles de la prochaine vague de numérisation de l'économie.

Cette localisation est d'autant plus importante que les objets connectés vont engendrer un phénomène de création destructrice : **les nouvelles technologies vont avant tout remplacer les activités actuelles** et ne créeront que marginalement de nouveaux marchés. **Un territoire qui ne prendrait pas le virage suffisamment tôt risquerait donc de voir ses emplois détruits et déplacés en dehors de ses frontières.**

2.2.2. Un potentiel de création de valeur compris entre 3,6 % et 7,0 % du PIB français

Nouveaux revenus mais aussi gains de productivité pour les entreprises, économies et libération de temps pour les citoyens : plus qu'un nouveau segment de marché estimé à 15 Mds€ en 2020 (et 23 Mds€ en 2025), les objets connectés, associés au Big data, permettent **un effet de levier dont les répercussions sur l'économie française pourraient atteindre les 3,6 % de PIB à échéance 2020 (et environ 7 % en 2025).**

Méthodologie de l'estimation économique

Les estimations présentées dans ce rapport sont issues d'une évaluation originale réalisée par A.T. Kearney dans le cadre du rapport de l'Institut Montaigne.

L'étude d'A.T. Kearney est une modélisation du potentiel du développement des objets connectés et du Big data sur le PIB français à horizon 2020-2025.

Ce travail se fonde sur l'évaluation du produit intérieur brut (PIB) par les dépenses, telle qu'utilisée dans la comptabilité nationale, et vise à comprendre l'impact des objets connectés et du Big data sur la consommation des ménages, la consommation des entreprises, les investissements publics et privés ainsi que la balance commerciale.

L'approche utilisée est originale dans le sens où elle distingue le marché d'équipement (la consommation et l'investissement dans les objets connectés et leurs services associés) et les différents mécanismes de création de valeur des objets connectés et du Big data dans le PIB (gains de productivité, gains de pouvoir d'achat et gains de temps pour la société dans son ensemble).

Sur les principaux secteurs de la comptabilité nationale, les valorisations se basent sur l'évaluation des principaux cas d'usages. Seuls les cas d'usages faisant appel à des objets connectés ont été pris en compte. Il ne s'agit donc pas d'un impact du numérique sur l'économie française mais bien des objets connectés et du Big data. Par exemple, le commerce électronique n'entre pas en ligne de compte dans cette évaluation, ni les accès Internet ou mobiles non liés à des objets, ou bien encore les dépenses des entreprises en informatique lorsqu'elles ne sont pas liées à l'Internet des objets ou au Big data.

L'Internet des objets est une industrie d'équipement à fort potentiel de création de valeur sur le PIB

La masse d'informations précises créée par les objets connectés, dont l'interprétation est assurée par des architectures en *cloud* et des algorithmes Big data, est une source d'optimisation inédite de très nombreux domaines de services et de processus industriels. **Le chiffreage réalisé par A.T. Kearney pour l'Institut Montaigne estime à 15 Mds€ en 2020 et 23 Mds€ en 2025 le marché d'équipements connectés et entre 74 Mds€ en 2020 et 138 Mds€ en 2025 le potentiel de création de valeur de l'Internet des objets en France⁵⁷ :**

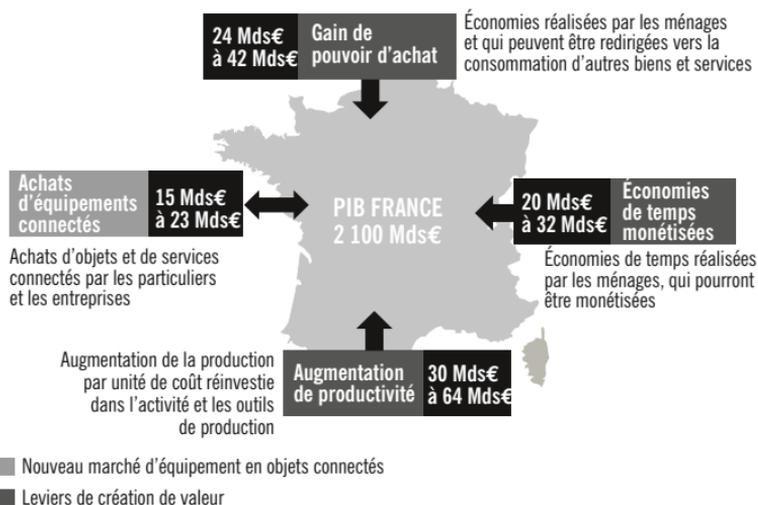
- **un nouveau marché d'achat d'équipements connectés (15 à 23 Mds€ de 2020 à 2025) :** il s'agit du marché direct d'achats d'objets et de services connectés par les particuliers et les entreprises (par exemple, l'achat d'un bracelet connecté pour suivre son activité physique, ou l'équipement en réseau de capteurs d'une ligne de production) ;
- **un potentiel de création de valeur sur le PIB réparti en trois leviers (74 à 138 Mds€ de 2020 à 2025) :**
 - **l'augmentation de la productivité (30 à 64 Mds€ de 2020 à 2025) :** l'exploitation des données produites par les objets et leur environnement, la capacité de les contrôler à distance, d'optimiser leur fonctionnement voire de rendre quasiment autonomes des systèmes d'objets, permettent une augmentation significative de la production par unité de coût ainsi qu'un usage plus économe des intrants et de l'énergie ;

⁵⁷ Le marché d'achat d'équipements connectés n'est pas intégré au calcul de l'impact sur le PIB pour éviter un double compte. Les objets connectés représentent simultanément un nouveau marché et un investissement nécessaire à la réalisation des gains de productivité, de temps et de pouvoir d'achat.

- **les gains de pouvoir d'achat (24 à 42 Mds€ de 2020 à 2025) :** les mêmes leviers appliqués aux consommateurs entraîneront des économies significatives notamment en termes d'énergie ainsi qu'une plus grande durabilité des produits qu'ils consomment ;
- **des économies de temps monétisées (20 à 32 Mds€ de 2020 à 2025) :** conséquence directe des gains de productivité, des progrès médicaux et de la réduction des risques qu'ils génèrent, les objets connectés vont libérer du temps en bonne santé pour leurs utilisateurs. Une part de ce temps libéré aura une valeur économique directe lorsqu'il sera employé à travailler.

Ainsi, **chaque euro investi dans les objets connectés pourrait produire jusqu'à six euros de gain de productivité, de pouvoir d'achat et d'économies de temps monétisées.**

Figure 10 : Le marché d'équipement et les trois leviers de création de valeur des objets connectés



Source : A.T. Kearney France, 2015.

Des leviers de création de valeur qui bénéficient à tous les secteurs de l'économie

Les objets connectés étendent la révolution numérique à tous les secteurs de l'économie, car ils abolissent la séparation entre monde physique et monde virtuel. **Parmi les secteurs à plus fort potentiel de création de valeur** se trouvent⁵⁸:

⁵⁸ Le potentiel indiqué ici est la somme des potentiels de création de valeur des trois leviers présentés plus haut (gains de productivité, gain de pouvoir d'achat, économies de temps) pour chacun des secteurs économiques. Les exemples cités sont les plus significatifs par secteur. Ils ne sont pas exhaustifs et la somme de leur impact ne correspond pas à la totalité des effets modélisés.

- **le logement (19 à 28 Mds€ de 2020 à 2025)** : il s'agit du principal poste de consommation des ménages dans le PIB avec près de 395 Mds€ de dépenses en 2013⁵⁹. Le principal levier de création de valeur concernera les économies d'énergie, à hauteur de 10 % des 56 Mds€ de dépenses actuelles, soit 5,6 Mds€ en 2025. Viendront ensuite les gains de temps, grâce au développement d'un marché d'équipements d'électroménagers et de domotique plus autonomes et porteurs de services. L'INSEE estime⁶⁰ que les tâches ménagères requièrent aujourd'hui environ 20 heures par semaine et par personne, qui pourraient être réduites de 20 % et générer un potentiel économique allant jusqu'à 20 Mds€ en 2025 ;
- **la mobilité (17 à 31 Mds€ de 2020 à 2025)** : le transport génère des inefficacités importantes : perte de temps (5,5 Mds€ « gaspillés » dans les embouteillages)⁶¹, consommation d'énergie (83 Mds€ de dépenses d'utilisation)⁶² et accidents, dramatiques pour les personnes mais aussi coûteux (22 Mds€ de coûts liés, en sus des blessures et décès)⁶³. La multiplication des capteurs et des systèmes d'assistance à la conduite, la coordination entre les véhicules et la voirie, le développement de la multi-modalité vont permettre une réduction de ces inefficacités d'ici 2025 : jusqu'à 100 % pour les embouteillages (5,5 Mds€), 40 % pour

⁵⁹ Sommes des dépenses liées au logement, dont : loyers, services liés au logement, électricité et gaz, meubles, entretien courant, etc. Cette somme est calculée sur la base des données de l'INSEE en 2013 pour ces différents postes.

⁶⁰ Insee, *Le travail domestique : 60 milliards d'heures en 2010*, novembre 2012.

⁶¹ Centre for Economics and Business Research (CEBR) pour INRIX, *The economic costs of gridlock*, décembre 2012.

⁶² Source : INSEE.

⁶³ Source : Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR).

les accidents (8,8 Mds€) et 5 % pour la consommation d'énergie (4 Mds€)⁶⁴ ;

- **la santé (16 à 35 Mds€ de 2020 à 2025)** : les objets connectés impactent très fortement le domaine de la santé en permettant, notamment, un **meilleur suivi des maladies chroniques** (diabète, asthme, hypertension artérielle, etc.) et une **meilleure observance des traitements**. Sur les 66 Mds€ de coût des affections longue durée⁶⁵, jusqu'à 10 % pourraient être économisées par un meilleur monitoring des constantes et des parcours de soin (6,6 Mds€)⁶⁶. La non-observance des traitements, dont le coût est évalué jusqu'à 9 Mds€ par an⁶⁷, pourrait être réduite de 80 %⁶⁸ en 2025 (7 Mds€) par l'usage de systèmes de suivi comme des piluliers connectés.

Le développement de capteurs à faible coût devrait permettre d'**améliorer l'efficacité des politiques de prévention** dont l'impact

⁶⁴ Ces potentiels de réduction sont calculés sur la base d'une hypothèse de 60 % de véhicules connectés en 2025. Ce niveau de connectivité permet d'augmenter de 40 % la capacité horaire des routes et autoroutes et, par exemple, d'éliminer presque entièrement les embouteillages sur le périphérique parisien. Ces véhicules connectés élimineront la quasi-totalité des accidents liés aux véhicules équipés – tandis que les accidents liés aux 40 % de véhicules non équipés perdureront. Enfin, la meilleure régulation de la vitesse permettra de gagner environ 10 % de carburant pour les voitures équipées.

⁶⁵ Haute autorité de santé, « coût des ALD en 2009 ».

⁶⁶ Voir notamment à ce sujet : François de Brantes, Michael Painter, Amita Rastogi, « Reducing Potentially Avoidable Complications in Patients with Chronic Diseases », juillet 2010. Cette étude souligne que 30 % des coûts des maladies chroniques sont dus à des complications évitables par une meilleure coordination des soins et du suivi des patients. L'étude réalisée par A.T. Keanrye estime de manière prudente que l'Internet des objets pourrait permettre d'éviter un tiers de ces complications et réduire ainsi 10 % des coûts correspondants.

⁶⁷ IMS Health pour le Cercle de réflexion de l'industrie pharmaceutique, *Améliorer l'observance. Traiter mieux et moins cher*, novembre 2014.

⁶⁸ « Le pilulier connecté, nouveau remède pour une meilleure observance médicamenteuse », *Le monde de la e-santé*, janvier 2014. Sur cette base, l'étude d'A.T. Kearney estime à 80 % l'impact possible de réduction de la non observance.

sur les coûts de santé est estimé à 2 Mds€ en 2025. **L'hospitalisation à distance**, notamment pour les soins de suite et de réadaptation, est également un domaine valorisé à 3 Mds€ en 2025⁶⁹ pour un budget actuel de 7 Mds€⁷⁰. Enfin, l'ouverture des données médicales aux laboratoires de recherche médicamenteuse pourrait contribuer à l'identification de nouvelles molécules et au développement de thérapies plus individualisées ;

- **des leviers transverses comme l'outil de production manufacturière, la logistique ou les *smartgrids* (12 à 23 Mds€ de 2020 à 2025)** : les *smartgrids* devraient permettre de réduire les coûts de transport et de production de l'énergie électrique de 1,2 Md€ en 2025 (cf. figure 13). Le développement des objets connectés peut améliorer la productivité dans le secteur manufacturier en diminuant les temps d'arrêt des machines équipées de capteurs, en améliorant le suivi des inventaires ou le positionnement des objets dans les chaînes de production. Sur 400 Mds€ de coûts de fonctionnement de l'industrie manufacturière⁷¹, il est estimé que 4 % (16 Mds€) pourraient être économisés en 2025 (5 % de gain de productivité pour 80 % des usines). Enfin, l'équipement des camions, des palettes et des colis avec des puces RFID et les dispositifs de localisation devraient favoriser un meilleur pilotage des chaînes logistiques, évalué à 3 Mds€ en 2025 (10 % des coûts de transport routiers pour 60 % de la flotte équipée en télématique⁷²).

⁶⁹ Hypothèse de transfert de 60 % des journées en établissement de soin de suite vers l'hospitalisation à domicile. Source : Institute For Research and Information in Health Economics, 2007.

⁷⁰ Source : INSEE.

⁷¹ INSEE, PIB 2011, « Part des salaires, charges sociales et consommations intermédiaires dans l'industrie manufacturière ».

⁷² INSEE, « La part du routier dans la logistique représentait 51 Mds en 2011 ».

Figure 11 : Le potentiel de création de valeur des objets connectés dans différents secteurs d'activité

Un potentiel de création de valeur sur tous les domaines de l'économie et notamment le logement, la mobilité et la santé

Domaine	Potentiel de valeur (en Mds€ par an)	Principales applications	Champ d'application	Potentiel de gain (2020-2025)
Logement	19 28	<ul style="list-style-type: none"> • Domotique / tâches ménagères • Réduction des dépenses d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> • > 1 000 h/an/personne tâches ménagères • 56 Mds€/an énergie des logements 	<ul style="list-style-type: none"> • ~15-25 % • ~10 %
Mobilité	17 31	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des embouteillages • Réduction des accidents • Réduction des consommations 	<ul style="list-style-type: none"> • 5,5 Mds€/an coût des embouteillages • 22 Mds€/an coût de l'accidentalité • 83 Mds€/an dépenses d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • ~50-100 % • ~20-40 % • ~3-5 %
Santé	16 35	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la non observance • Optimisation des parcours de soin • Hospitalisation • Prévention 	<ul style="list-style-type: none"> • 9 Mds€/an coût de la non observance • 66 Mds€/an coût des ALD • ~22 Mj/jours de réadaptation → HAD • ~700000 diabètes de type 2 non diagnostiqués 	<ul style="list-style-type: none"> • ~30-80 % • ~5-10 % • ~15-30 % • ~50-80 %
Sujets transverse	12 23	<ul style="list-style-type: none"> • Usine connectée • Optimisation des flux logistiques • Impact des smartgrids sur la consommation et l'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • ~400 Mds€ coût (salaire/biens) des usines • ~51 Mds€ coûts logistiques routiers • 480 TWh de consommation annuelle, pic > 100 MW 	<ul style="list-style-type: none"> • ~2-4 % • ~3-6 % • 2 % conso, 4 % des pics
Action publique	8 15	<ul style="list-style-type: none"> • Optimisation des ressources • Sécurité • Défense connectée 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 % de la dépense publique adressable (~200 Mds€) 	<ul style="list-style-type: none"> • ~3-7 %
Éducation	2 6	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des salles de classe • Meilleur impact de la formation prof. sur la productivité 	<ul style="list-style-type: none"> • 512 000 salles de classe • 37 % des salariés formés chaque année 	<ul style="list-style-type: none"> • ~15-100 % • 20-80 % des formations aux objets connectés
Loisirs	1 2	<ul style="list-style-type: none"> • Articles de sports connectés 	<ul style="list-style-type: none"> • 9,6 Mds€ d'équipements sportifs 	<ul style="list-style-type: none"> • ~20-60 %
Total	74 138			<ul style="list-style-type: none"> ■ 2020 ■ 2025

Source : INSEE, ONISR, IMS Health, A. T. Kearney, 2015.

NB : ALD = affection longue durée ; HAD = hospitalisation à domicile.

Un nouveau secteur industriel en forte croissance

Les objets connectés devraient connaître **une croissance très forte pour représenter un marché direct d'équipements et de services estimé à 15 Mds€ en France à l'horizon 2020, puis 23 Mds€ en 2025.**

Sous une désignation unique, les objets connectés revêtent une réalité très large d'applications. Leur dénominateur commun réside dans leur composition : ils s'appuient tous sur des objets physiques souvent déjà existants mais repensés pour y intégrer une couche « d'intelligence » (capteurs, actionneurs, microprocesseur et système d'exploitation), un module de connectivité aux réseaux et des services dans le *cloud* qui en étendent les fonctionnalités.

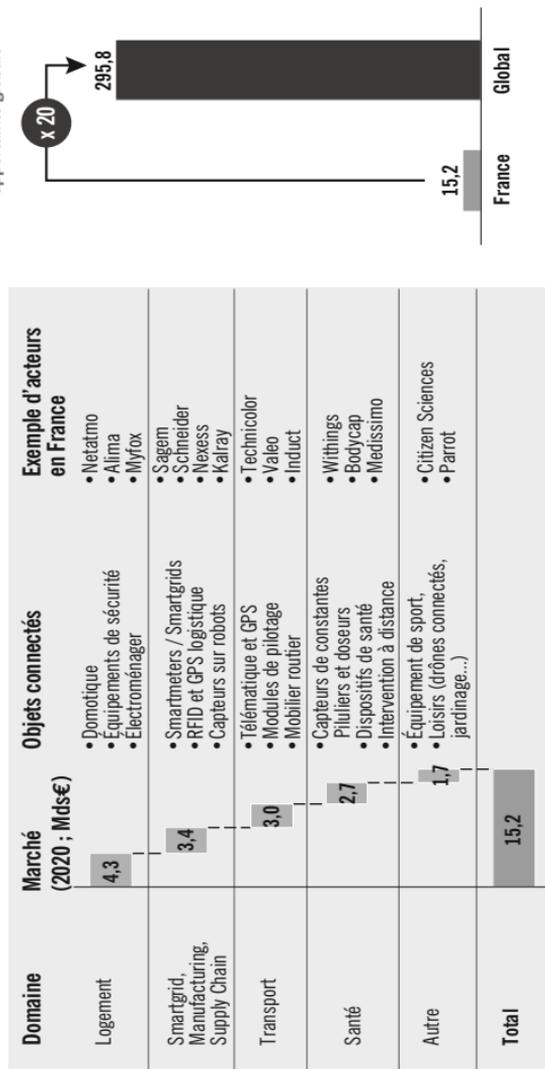
En France, de nombreuses opportunités peuvent être saisies dans des domaines comme les objets et services dans le logement (domotique, sécurité, électroménager), qui représenteront un marché de 4,3 Mds€ en 2020, ou dans le transport (télématique, modules de pilotage, mobilier routier) pour 3 Mds€ (cf. figure 12).

Enfin, **ces estimations ne tiennent pas compte de l'impact positif que pourrait avoir l'Internet des objets sur la balance commerciale française.** Si le marché français des objets connectés et des services qui y sont associés a été estimé à 15 Mds€ en 2020, une autre étude A.T. Kearney a estimé qu'ils pourraient représenter au niveau mondial un marché de près de 300 Mds€ en 2020⁷³. Chaque point de part de marché gagné par des entreprises françaises représenterait environ 3 Mds€ pour l'économie française.

⁷³ A.T.Kearney, *Internet of Things 2020, A Glimpse into the Future*, avril 2014.

Figure 12 : Le marché des objets connectés en France et dans le monde

Les ventes d'objets connectés représenteraient ~15 Mds€ en France ; pour un marché global 20 fois plus important
Marché des Objets Connectés (2020, en Mds€)
Opportunité en France



Source : Desk research, A. T. Keamey, 2015.

Déjà, des startups, des PME et des grandes entreprises françaises se sont illustrées sur ces marchés, soulignant les atouts de notre tissu entrepreneurial, et le talent de nos ingénieurs et de nos designers.

Ces acteurs interviennent à différents niveaux dans la chaîne de valeur des objets connectés :

- en tant que concepteurs d'objets grands publics - est-il encore besoin de citer les sociétés Withings, Netatmo ou Citizen Science et la myriade d'objets développés aujourd'hui par le tissu de startups françaises ;
- comme fournisseurs d'infrastructures ou de dispositifs industriels connectés (par exemple, les compteurs électriques intelligents de Sagem ou les solutions de *smartgrid* de Schneider Electric) ;
- comme fournisseur des capteurs (ST Microelectronics), de micro-processeurs (Kalray) ou bien de connectivité (Sigfox, Alcatel).

Meilleure productivité et maîtrise du gaspillage

La valeur créée par les objets connectés s'étend bien au-delà du marché de la vente d'équipements. Les objets connectés offrent des gains de productivité considérables pour les particuliers et les entreprises, dans tous les secteurs de l'économie.

Ainsi, l'amélioration des algorithmes d'exploitation des données permet d'optimiser des processus existants à une échelle jusqu'ici inaccessible. **L'Internet du Tout connecté participe à l'évolution d'un modèle de consommation essentiellement fondé sur la possession vers un modèle d'usage des actifs, contribuant ainsi à limiter la production et le gaspillage.**

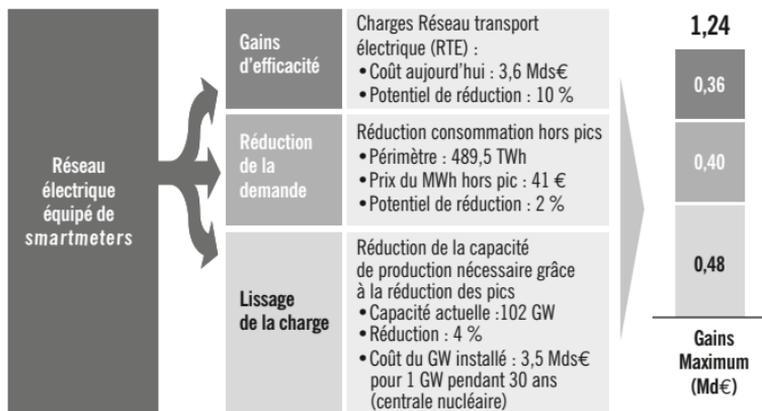
Par exemple, les compteurs électriques intelligents, une fois déployés sur le réseau électrique permettront de :

- mieux gérer le transport d'électricité, réduisant ainsi les pertes en ligne ;
- réduire la demande, par une meilleure information et une capacité accrue de contrôle ;
- lisser la charge via un effacement diffus des pics de consommation et donc de réduire le surdimensionnement des infrastructures.

Figure 13 : Les compteurs intelligents et l'amélioration du réseau électrique

Équiper tout le réseau en smartmeters permettrait d'économiser 1,2 Mds€ par an

3 sources de création de valeur (Mds€)



En 2020, nous estimons que 75 % du réseau sera équipé de smartmeters, permettant d'économiser 0,9 Md€ par an.

Source : Climate Group, A.T. Kearney, 2015.

Watt et Moi : expérimenter l'impact des compteurs intelligents⁷⁴

L'expérimentation Watt & Moi, menée en partenariat entre ERDF et Grand Lyon Habitat, a concerné un panel de 1 116 locataires en habitat social de l'agglomération lyonnaise à partir de mai 2012. Le panel tendait à représenter les différents types de chauffage et de logements existants. Le dispositif s'est basé sur l'utilisation des compteurs Linky développés par ERDF⁷⁵ en interaction avec un site créé pour les circonstances : www.watt-et-moi.fr. Il proposait aux ménages concernés, grâce aux données récoltées en temps réel, de suivre leur consommation et son évolution, de la comparer à celle de consommateurs similaires dont les données étaient rendues anonymes et se fixer un objectif mensuel. En parallèle, le site Internet Watt & Moi proposait des conseils pour les aider à mieux maîtriser, à réduire, leur consommation. Cette expérimentation a fait l'objet d'une enquête sociologique achevée en mai 2014 dont le but était de mesurer l'intérêt des consommateurs pour un tel site et l'impact de ce site sur leur consommation d'énergie.

Les résultats de l'expérimentation ont établis que sur les 1 116 locataires sélectionnés, 216 se sont connectés au site Internet Watt & Moi. Parmi ces utilisateurs, l'expérience est positive : 82 %

⁷⁴ Les données indiquées dans cet encadré sont issues de : ERDF et Grand Lyon Habitat, *Watt & Moi – Mon électricité à la loupe*, 10 mai 2012.

⁷⁵ « Linky est un compteur communicant, ce qui signifie qu'il peut recevoir et envoyer des données et des ordres sans l'intervention physique d'un technicien. Installé chez les clients et relié à un centre de supervision, il est en interaction permanente avec le réseau, qu'il contribue à rendre « intelligent ». » Source : site Internet d'ERDF.

d'entre eux le recommanderaient à leur entourage et 88 % ont déclaré vouloir continuer à l'utiliser. ERDF conclut que le dispositif mis en place permet également de « responsabiliser les consommateurs ». Un utilisateur sur deux déclare avoir modifié sa consommation grâce à ce dispositif et 40 % des utilisateurs ont déclaré l'avoir réduite.

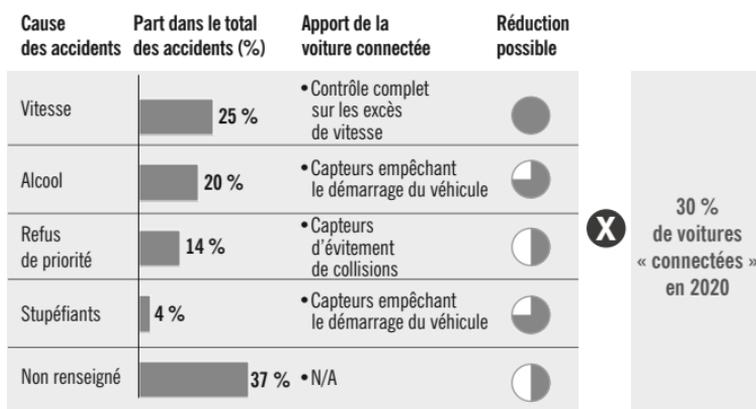
Il convient de noter qu'au-delà des points d'amélioration déjà cités, l'expérience n'a touché qu'un nombre relativement restreint parmi les membres du panel – un sur cinq – et que, de fait, ces conclusions sont difficilement applicables à l'ensemble de la population.

L'exemple de la voiture est également représentatif de cette dynamique. Leur connexion à l'Internet et l'exploitation des capteurs embarqués permet déjà une meilleure utilisation de leur capacité (par exemple, Autolib qui maximise l'utilisation, ou Blablacar le remplissage) et de moindres gaspillages (comme Waze qui permet de gagner du temps, ou l'utilisation des capteurs pour faciliter la réparation).

La progression de la connectivité avec l'extérieur des voitures et la multiplication des capteurs doit accélérer ce processus déjà bien entamé. La voiture connectée permettra de réduire les accidents de la route (cf. figure 14) en contrôlant les excès de vitesse, en détectant les dangers dans leur environnement ou en empêchant le démarrage en cas de taux d'alcoolémie trop élevé ; elle pourra également réduire les consommations et les embouteillages par une meilleure synchronisation des véhicules les uns avec les autres.

Figure 14 : Réduction des accidents de la route grâce aux voitures connectées

Le nombre d'accidents de la route pourrait baisser de 20 % en 2020
grâce aux voitures connectées



= 20 % de réduction des accidents

Les accidents de la route ayant un coût humain et matériel évalués aujourd'hui à 22 Mds€, cette réduction permettrait 4,4 Mds€ d'économies.

Source : Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière, A.T. Kearney, 2015.

La réduction du gaspillage, et donc de la consommation, a pour conséquence le redimensionnement des capacités de production et de distribution, et impacte donc négativement l'emploi. Cependant, de nouveaux emplois, principalement qualifiés, seront créés simultanément pour concevoir et fabriquer les objets connectés ainsi que l'ensemble de services qui gravitent autour. **Ces emplois sont en**

grande partie délocalisables : la France doit donc rester attractive pour les conserver.

Un gain de temps pour les individus

L'estimation réalisée par A.T. Kearney pour l'Institut Montaigne a permis d'estimer que les objets connectés pourraient redonner plus de dix jours par an aux citoyens à l'horizon 2025 : huit jours en moins de travaux ménagers (près de cinq heures par semaine), un jour et demi non perdu dans les embouteillages et près de un jour de maladie en moins, donc du temps supplémentaire en bonne santé⁷⁶ (cf. figure 15).

Ce gain de temps pourra être consacré aux activités personnelles, transformant ainsi un gain de temps en consommation supplémentaire (de biens, d'éducation, de loisirs, etc.) ou à la vie familiale ou associative. Il peut également devenir un gain de temps de travail s'il est mis au service de l'activité professionnelle. L'estimation présentée ici considère qu'environ 2,5 %⁷⁷ de ces heures libérées deviendraient productives, produisant environ 54 €/heure travaillée⁷⁸. Au total, ces gains économiques pourraient représenter jusqu'à 32 Mds€ en 2025.

⁷⁶ Ces estimations ne tiennent pas compte d'une éventuelle modification de la durée du travail, ni d'un éventuel impact sur la durée de vie.

⁷⁷ Selon l'INSEE, la moitié de la population est active ; parmi cette population active, nous avons estimé que seul 5 % du temps libéré serait utilisé à travailler.

⁷⁸ Sur la base du PIB produit par heure travaillée.

Figure 15 : Le gain de temps individuel

Les objets connectés permettraient à chacun de gagner en moyenne près de 5 h par semaine de travail domestique

Activité domestiques (en heure par semaine)	Exemple d'application	Temps libéré	Temps libéré
Courses	• Réfrigérateurs connectés	- 2,5	40-50 %
Ménage	• Robots aspirateurs • Courant d'air anti-poussière	- 3,8	2,5 h
Cuisine	• Robots de cuisine • Surveillance de cuisson	- 4,2	
Jardinage	• Robots tondeuses • Capteurs des besoins du jardin	- 1,2	20-30 %
Lessive, repassage	• Machine à laver intelligente	- 1,3	1,6 h
Vaisselle	• Machines plus efficaces	- 1,3	
Surveillance d'enfant	• Appareil (jouet, camera...) de surveillance à distance	- 2,8	
Autres	• NA	- 2,4	
Bricolage	• Assistance à l'usage	- 1,4	0-10 %
Gestion du ménage	• NA	- 0,6	0,7 h
Total		21,5 h	22 % de temps gagné → 4,8 h

Loisir

- Le temps gagné est employé à des tâches non productives.
- Elles peuvent engendrer de la consommation supplémentaire (non valorisée dans notre modèle).

Productivité

- Le temps gagné est employé à des tâches productives.
- L'heure travaillée en France produit en moyenne 54 € de PIB.
- Modélisation uniquement pour la part de la population disposant d'un travail (~50 % de la pop.).

Source : INSEE, OCDE, Analyse A.T. Kearney.

Conclusion : un enjeu économique stratégique pour la France

En conclusion, **l'Internet du Tout connecté représente une opportunité formidable pour l'économie française**, à la fois comme débouché industriel mais surtout comme levier de compétitivité pour tous les secteurs de l'économie. A ce titre, **parmi les 34 priorités industrielles** définies par le gouvernement, une initiative adresse spécifiquement les enjeux liés aux objets connectés. L'une des premières réalisations de ce plan devrait être la mise en place de la Cité des objets connectés à Angers dédiée à leur conception et à leur industrialisation⁷⁹.

Les très remarquées délégations françaises aux éditions 2014 et 2015 du Consumer Electronics Show (CES), de même que l'élan suscité par la French Tech, sont autant de signes du bon départ pris par la France. Pour aller plus loin, l'industrie française doit passer le cap de l'industrialisation à grande échelle et renforcer ses capacités de design et de conception en faisant les bons paris technologiques. Elle doit surtout s'intégrer aux écosystèmes des différents secteurs d'activité (énergie, transport, santé, etc.) et s'internationaliser, en premier lieu au niveau européen. La transformation de tous les secteurs par les objets connectés et le Big data sera de la même ampleur que celle qui a secoué les industries musicales (dématérialisation) ou hôtelières (développement du modèle « C2C »⁸⁰) ; il y aura des gagnants et des perdants. Les entreprises non préparées courent le risque de voir rapidement s'estomper leur avantage compétitif et, à terme, de disparaître. **Les acteurs installés doivent donc**

⁷⁹ Ce projet est issu du plan de la Nouvelle France industrielle consacré aux objets connectés et validé par le gouvernement en juin 2014. Cette cité proposera notamment des espaces de travail, de conception et de production d'objets connectés. Elle devrait ouvrir en mai 2015.

⁸⁰ Consommateur à consommateur.

repenser leur proposition de valeur, redéfinir leur modèle opérationnel, leurs organisations et leurs compétences et investir de façon volontariste dans l'innovation.

Pour l'État français, l'enjeu est tout aussi grand. Les gains de productivité permis par l'Internet des objets s'accompagneront de destructions d'emploi et d'un transfert de valeur vers des acteurs technologiques et des plateformes globales. La France doit se saisir des opportunités offertes par les objets connectés pour prendre une position forte sur un secteur technologique qui sera stratégique au plan mondial pour les prochaines décennies. Cela l'oblige notamment à anticiper les besoins en ressources humaines et à faire évoluer son marché du travail pour attirer ces nouveaux emplois.

2.3. La santé et la ville : deux exemples d'opportunités à saisir

Tous les secteurs sont impactés par l'essor de l'*Internet of Everything*, mais pas à la même vitesse. La santé et la ville représentent des cas d'étude très concrets où se croisent les problématiques d'intérêt général, de confiance et de régulation, et dans lesquels la France dispose d'un savoir-faire lui permettant de jouer un rôle de *leader* mondial.

2.3.1. Un modèle de santé numérique plus performant qui maintient le patient au cœur des préoccupations

Le domaine de la santé constitue un très bon exemple pour et par lequel la révolution du Big data et des objets connectés promet de fortes opportunités : amélioration de l'offre de soins, évolution de

l'approche sanitaire vers une médecine prédictive et épidémiologique, amélioration de l'efficacité des dépenses, etc. Pourtant, si le système de santé français est généralement reconnu comme l'un des meilleurs au monde⁸¹, **malgré une augmentation des dépenses courantes de santé de 23 % entre 2006 et 2013⁸², la qualité des soins ne semble pas progresser dans les mêmes proportions.**

La donnée peut-elle offrir un potentiel comparable à ce que l'arrivée des antibiotiques a permis en matière de médecine ? **Le Big data et les objets connectés nous offrent l'opportunité de créer une médecine non plus « post-traumatique » mais préventive, personnalisée, en partie prédictive et moins dispendieuse.** En France, les dépenses courantes de santé représentent environ 11,7 % du PIB soit 247,7 Mds€ en 2013. Les dépenses de prévention ne représentent que 5,8 Mds€ soit 2 % des dépenses courantes de santé⁸³. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), 17 % des diagnostics seraient infondés tandis que près de 60 % des prescriptions dans le monde pourraient être largement améliorées⁸⁴. **Dans un contexte de contrainte budgétaire et de démographie vieillissante, le maintien de la qualité de notre système de santé exige une plus grande efficience.**

⁸¹ OMS, *Rapport sur la santé dans le monde*, édition 2013.

⁸² INSEE, « Dépenses courantes de santé 2013 » d'après DREES, Comptes de la santé - base 2010.

⁸³ *Ibid.*

⁸⁴ OMS, *Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023*, 2013.

Du bien-être à la médecine de soin, les perspectives du « tout connecté » sont vastes

Dans ce mouvement de numérisation de la santé, on distingue généralement ce qui relève :

- du **bien-être**, d'une part, qui désigne les services construits sur la base d'objets connectés individuels (tels que les bracelets traqueurs d'activité physique) ou d'informations produites à titre individuel (au travers de l'application comme Google Flu⁸⁵) ;
- du **sanitaire** (ou médical), d'autre part, qui s'appuie sur des dispositifs médicaux connectés certifiés ou sur des données produites par les professionnels de la santé.

L'impact positif de la numérisation sur la santé publique reste encore à démontrer **dans le domaine du bien-être. En revanche, dans le domaine sanitaire, les enjeux pourraient être très importants.** La mise en place à grande échelle du suivi de constantes-clés via des dispositifs connectés pourrait ainsi accroître la capacité de prévention et, par conséquent, diminuer le coût de traitement de maladies ainsi diagnostiquées plus précocement. Par exemple, l'identification des diabétiques non diagnostiqués (entre 500 000 à 800 000 diabétiques qui s'ignorent soit environ 1 % de la population⁸⁶) pourrait être facilitée en développant un suivi à grand échelle du taux de glycémie.

⁸⁵ Estimation de la progression des épidémies de grippe basée sur les mots clés de recherche Google.

⁸⁶ Selon les derniers chiffres publiés, la prévalence du diabète en France serait de 6 % soit environ 3,5 millions de personnes concernées, parmi lesquelles quelques 500 000 à 800 000 diabétiques qui s'ignorent. Source : Centre européen d'étude du diabète, « Le diabète : un état des lieux préoccupant ».

Il faut toutefois rappeler que les objets connectés ne sont pas d'une parfaite fiabilité et que leur utilisation à des fins médicale et non plus uniquement pour le seul bien-être emporte un risque juridique fort.

Dans son cahier *Le Corps, nouvel objet* connecté publié en mai 2014, la CNIL souligne que la frontière est moins hermétique entre les questions de suivi du bien-être et les questions de santé⁸⁷ : ces données ne sont pas à proprement parler des données médicales, mais elles sont en revanche des indicateurs de l'activité et des comportements de l'utilisateur, et peuvent éventuellement être d'intéressants indicateurs de son état de santé actuel ou futur, surtout lorsqu'elles sont collectées dans la durée et croisées avec d'autres informations. **De simples données corporelles anodines comme le nombre de pas quotidiens ou les cycles du sommeil peuvent ainsi devenir des indicateurs avancés de certains comportements, voire de certaines pathologies.**

Le système de santé pourrait être orienté sur une médecine préventive et prédictive, grâce aux objets connectés et à l'exploitation de toutes les données de santé

Le Big data et les objets connectés au service de l'épidémiologie
L'épidémiologie⁸⁸ ne se répand, en France, que vers 1960 dans l'enseignement et la recherche. L'épidémiologie s'est imposée par la découverte de facteurs de risque de plusieurs maladies très répandues (notamment le tabac pour le cancer des bronches et les maladies

⁸⁷ CNIL, « Le corps, nouvel objet connecté ? Du Quantified Self à la M-santé : les nouveaux territoires de la mise en données du monde », *Cahier Innovation et Prospective*, n° 2, mai 2014.

⁸⁸ Alain-Jacques Valleron (dir.), « L'épidémiologie humaine. Conditions de son développement en France, et rôle des mathématiques », *Rapport sur la science et la technologie*, n° 23, Académie des sciences, 2006.

cardiovasculaires), par son rôle dans l'identification et la description de maladies émergentes (sida, hépatite C, etc.), par la nécessité d'établir les liens entre pratiques industrielles et maladies (par exemple, le rôle de l'amiante dans le déclenchement de pathologies) et par l'évaluation de risques environnementaux (usines électronucléaires, OGM, téléphonie mobile, etc.). En tant que discipline « *qui vise à identifier les déterminants des variations de fréquence des maladies et la compréhension de leurs causes* »⁸⁹, l'épidémiologie s'avère souvent en mesure d'appuyer la décision politique en matière de santé publique. L'intérêt croissant des citoyens et des pouvoirs publics pour la maîtrise et la prévention des risques sanitaires n'a fait que renforcer ces liens, en faisant de l'épidémiologie l'une des principales sources de connaissances face au risque.

L'épidémiologie révolutionne aujourd'hui la pratique médicale.

Sous la forme de l'épidémiologie clinique, qui analyse les informations recueillies auprès de malades sur la tolérance et l'efficacité des traitements, elle permet au praticien de prendre une décision thérapeutique individuelle face au malade qu'il a à traiter et de contribuer au développement d'une médecine fondée sur les preuves.

La France dispose de nombreux systèmes d'information relatifs à la santé et aux soins. Ces systèmes ont généralement pour finalité la gestion du système de santé ou la prise en charge du patient ; ils sont donc gérés par les organismes en charge de ces missions (cf. figure 16). On peut cependant regretter que ces sommes considérables d'informations n'aient que très peu contribué au progrès des connaissances. En effet, souvent développés par un organisme particulier, les systèmes de données ne sont pas suffisamment reliés

⁸⁹ *Ibid.*

à d'autres systèmes d'information développés par d'autres organismes qui apporteraient les informations complémentaires nécessaires sur le plan épidémiologique.

Figure 16 : De nombreux collecteurs institutionnels de données de santé



CNIS : Conseil national de l'information statistique ; INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques ; DREES : Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques ; CTNERHI : Centre technique national d'études et de recherches sur les handicaps et les inadaptations ; INED : Institut national d'études démographiques ; INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale ; InVS : l'Institut de veille sanitaire ; ORS : Observatoire régional de la santé ; CNAMTS : Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés.

Pour un même individu, de nombreuses informations sont recueillies dans plusieurs bases de données informatisées (par exemple : décès, registres, hôpitaux, prescriptions, génomique, emploi, environnement, administration, météorologie, assurances, etc.). **Leur croisement**

permettrait la mise en place d'enquêtes épidémiologiques inédites, impossibles à réaliser aujourd'hui. Afin d'augmenter la puissance des études et de détecter de faibles risques, il est impératif que ces recoupements se fassent sur une base individuelle, c'est-à-dire que l'on puisse relier les observations pour un même individu dans des bases de données différentes.

Cependant, les règles de confidentialité, souvent différentes pour chaque source et généralement restrictives lorsqu'il s'agit de données liées à la santé, pourraient être mises à mal lors de ces recoupements. Par exemple, il est établi que la connaissance de 80 SNP (*single nucleotide polymorphism*, l'unité de base de la variabilité génétique) suffirait à identifier de manière totalement unique tout individu dans le monde⁹⁰. La construction de dossiers centrés sur le patient, grâce à la mise en liaison de bases de données différentes, aurait un fort intérêt pour la recherche épidémiologique.

Sous réserve de pouvoir recouper différentes données, l'épidémiologie constitue un outil puissant pour une politique publique de prévention sanitaire et pour améliorer la décision thérapeutique individuelle. **Toutefois, le cadre législatif et réglementaire relatif aux études épidémiologiques⁹¹ constitue, dans une certaine mesure, un frein au plein développement de « l'épidémiologie connectée ».** En France, la culture du registre est insuffisamment développée, comme le souligne la sous-exploitation du carnet de santé dans sa forme

⁹⁰ Lin W., Wei L.-J., *SNP Significance*, Biomedicines, 2004.

⁹¹ Ces études sont notamment encadrées par la déclaration d'Helsinki (2000), l'article 16 du Code civil, la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (1978), la charte des bonnes pratiques épidémiologiques, les lois sur la protection de l'intégrité physique des personnes comme la loi n° 88-1138 du 22 décembre 1988 dite « loi Huriot-Sérusclat » ou encore la loi n° 2004-806 du 9 août 2004 encadrant les recherches biomédicales.

actuelle (support papier). Le développement des registres de cancer, qui s'est accéléré depuis 1975 pour donner lieu à la création en 1986 du Comité national des registres (CNR), constitue pourtant un exemple à suivre pour une politique de santé publique renforcée par une logique du registre, que le Big data et les objets connectés pourraient appuyer.

Le carnet de santé : un exemple de données perdues pour une politique de santé publique

Depuis 1985, un système national d'information sur la santé de la mère et de l'enfant a été mis en place et tout enfant dispose d'un carnet de santé individuel (remanié en 1995) où sont notés tous les événements de santé importants concernant la période prénatale, au moment de la naissance (biométrie, examens cliniques, tests de dépistage), de l'enfance (examens du 8^e jour, du 9^e mois, du 24^e mois), des vaccinations, etc.

Les parents connaissent bien ce carnet de santé qui leur est réclamé périodiquement à différents moments de la vie de l'enfant et le conservent précieusement. Une partie de cette information (notamment les examens du 8^e jour, du 9^e et du 24^e mois) font l'objet d'analyses statistiques locales (Protection Maternelle et Infantile) synthétisées par la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DRESS) au niveau national. Il reste, hélas, que les millions de carnets de santé créés depuis de nombreuses années auraient pu constituer la base de futurs travaux épidémiologiques permettant de corrélérer les paramètres de l'enfant au cours de sa petite enfance avec des événements de l'âge adulte. Malheureusement, ils n'ont pas été informatisés

et ne sont donc pas exploitables, pas même pour faire une étude simple d'épidémiologie des vaccins pourtant répertoriés de façon exhaustive par nécessité réglementaire.

Ainsi, alors qu'entre 1994 et 1996, 20 millions de français ont été vaccinés⁹² contre l'hépatite B lors de la campagne de vaccination de 1995 (donc dans l'ère post-Internet) – avec les contestations que l'on connaît – faute d'informatisation, aucune étude de suivi post-vaccinal systématique s'appuyant sur ces données n'est possible.

Le *quantified self* ou la mise en données de la santé

Le numérique a fait évoluer les usages : les patients eux-mêmes sont devenus un levier de transformation de notre système de santé. « *Le numérique a contribué à une autonomisation et une responsabilisation de plus en plus fortes des patients. Autrefois détenteur exclusif de l'information médicale, les professionnels de santé se retrouvent aujourd'hui face à des patients mieux informés et en capacité d'interroger leur diagnostic ou leurs pratiques* »⁹³ grâce, notamment, à la constitution de communautés de patients sur les réseaux et aux outils de *quantified self* qui se développent.

La numérisation des activités concerne désormais le corps et ce que chacun en fait. Ce mouvement numérique, appelé ***quantified self*** et traduit par « **quantification de soi** » ou « **auto-mesure de soi** », consiste à quantifier en temps réel les performances, les comporte-

⁹² Ministère de la Santé, *Mission d'expertise sur la politique de vaccination contre l'hépatite B en France*, février 2002

⁹³ Philippe Lemoine, *La nouvelle grammaire du succès. La transformation numérique de l'économie française*, rapport au gouvernement, novembre 2014.

ments et la santé des individus. Il peut s'agir de la nutrition, de l'exercice physique, du sommeil ou d'autres variables physiologiques, mais aussi de l'humeur. Reposant de plus en plus sur l'utilisation de capteurs connectés, intégrés au smartphone ou extérieurs (bracelets, podomètres, balances, tensiomètres, etc.) ces pratiques volontaires d'auto-mesure captent des données d'une façon de plus en plus automatique puis partagent ces volumes considérables de données personnelles⁹⁴.

Ce phénomène a pour particularité de se développer à l'initiative des individus eux-mêmes. Emmanuel Gadenne rappelle que, si « *le mouvement de la quantification de soi a émergé autour des années 2007-2008, il existait dès 2003 sous la forme des forums de patients avec des internautes à la recherche de conseils [qui] voulaient échapper aux intervenants de santé* »⁹⁵. Popularisé en 2010 par Gary Wolf comme un « *passé-temps intrigant* »⁹⁶, il semble désormais désigner bien davantage et l'on peut pronostiquer qu' « *avant 2022, vous et moi mettrons à jour les données concernant nos fonctions corporelles aussi régulièrement que nous mettons à jour nos statuts Facebook* »⁹⁷.

Ainsi, « *un tiers des médecins considère que les technologies du côté des patients sont un facteur clé d'amélioration des soins ; un tiers affirme que la revendication des patients est normale et le reste y est indifférent, voire est d'avis que c'est un élément perturbateur* »⁹⁸.

⁹⁴ Sur ces sujets, voir : CNIL, *Le Corps, nouvel objet connecté ? Du Quantified Self à la M-santé : les nouveaux territoires de la mise en données du monde*. Cahier Innovation et Prospective, n° 2, mai 2014.

⁹⁵ Emmanuel Gadenne, *Guide pratique du Quantified Self. Mieux gérer sa vie, sa santé, sa productivité*, juin 2012.

⁹⁶ Gary Wolf, « The quantified self », conférence TED, juin 2010.

⁹⁷ *Le Corps, nouvel objet connecté ?...*, Op. cit.

⁹⁸ *Ibid.*

Les objets connectés créent une donnée longitudinale qui propose non seulement aux individus de mesurer leurs actions et de modifier leurs comportements, mais aussi aux professionnels de santé d'améliorer le fondement de leur diagnostic. Par exemple, l'étude des séries longitudinales de données créées par les podomètres représente un levier potentiel pour détecter des maladies d'Alzheimer précoces. Aux États-Unis par exemple, les cliniques privées mettent en place des protocoles impliquant des objets connectés qui permettent par exemple, en suivant l'évolution du poids ou de la rétention d'eau, de limiter les risques de réadmission post-hospitalisation. Les assureurs sont également très actifs dans ce secteur, afin de réduire les risques encourus par les assurés.

Les objets connectés peuvent donc avoir des effets très positifs à la fois sur l'état de santé des individus et sur l'ensemble du système de santé. Il faut aussi prendre garde à ne pas sombrer dans le « *solutionnisme technologique* » dénoncé par Evgeny Morozov⁹⁹ et ne pas transformer toutes les questions de santé publique en un problème de comportement individuel, surtout quand ces comportements sont comparés à une « moyenne », norme toujours artificielle. Antoinette Rouvroy considère ainsi que ces pratiques sont un symbole de notre « *normopathie* » : l'individu ne serait jamais assez normal par rapport à des normes elles-mêmes toujours mouvantes¹⁰⁰.

⁹⁹ Evgeny Morozov. *Pour tout résoudre cliquez ici - l'aberration du solutionnisme technologique*, septembre 2014.

¹⁰⁰ *Le Corps, nouvel objet connecté ?...*, *Op. cit.*

En France, la difficulté d'accès aux données de santé constitue un frein important à l'amélioration du système de santé

Des données nombreuses mais trop cloisonnées et trop peu disponibles

On peut distinguer deux types de données : **les données anonymes** qui peuvent être mises librement à disposition et facilement réutilisées, **et les données personnelles**, qui peuvent être directement ou indirectement nominatives et dont l'usage peut être plus ou moins strictement encadré. Un vif débat porte sur **les risques liés à leur mise à disposition** et aux mauvaises utilisations que des tiers pourraient faire des données personnelles. La question se pose tout particulièrement pour les données de santé qui sont considérées (en France, en Europe mais aussi aux États-Unis¹⁰¹) comme des données particulièrement sensibles.

Qu'est-ce qu'une donnée de santé ? La loi informatique et libertés¹⁰² parle de données relatives à la santé. Le Conseil d'État donne une définition plus restreinte de la donnée de santé, qui permet de « *révéler une pathologie relative à une personne* »¹⁰³. En l'absence de définition partagée, le débat sur l'utilisation et l'anonymisation de la donnée est difficile.

¹⁰¹ Aux États-Unis, ce cadre est défini par le *Health Insurance Portability and Accountability Act* de 1996.

¹⁰² Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

¹⁰³ Conseil d'État, *La révision des lois bioéthiques*, mai 2009.

Selon l'avis¹⁰⁴ émis en 2014 par le **G29**¹⁰⁵, les techniques ou processus d'anonymisation doivent s'apprécier selon trois critères : **l'individualisation** (peut-on isoler dans le jeu de données l'ensemble des données concernant un individu ?), **la corrélation** (peut-on relier des données distinctes correspondant à un individu et retrouver par ce biais l'identité d'un individu ?) et **l'inférence** (peut-on déduire des informations sur l'individu ?).

L'un des principaux freins réside dans l'accès aux données de santé publique. Beaucoup de données sont contenues dans les bases d'acteurs publics comme la Caisse nationale d'Assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) qui restent trop peu ouvertes (cf. figure 16 supra).

Il manque également un modèle d'urbanisation¹⁰⁶ des données et des interfaces qui permettrait l'interopérabilité des systèmes connectés et leur diffusion. Par exemple, la télésurveillance des pacemakers et défibrillateurs est aujourd'hui limitée par le fait que les systèmes sont différents pour chaque vendeur.

Les données issues des objets connectés sont encore peu exploitées par le corps médical, du fait de leur caractère non professionnel

¹⁰⁴ Article 29 Data protection working party, *Opinion 05/2014 on Anonymisation Techniques*, avril 2014.

¹⁰⁵ L'acronyme G29 désigne le « groupe de travail de l'article 29 » ou *Article 29 Data protection working party*, un organe consultatif européen qui doit son nom à l'article 29 de la directive 95/46/EC relative à la protection des données personnelles. Le G29 est composé des représentants de toutes les autorités de protection des données des différents pays de l'Union européenne (ainsi, la CNIL y représente la France).

¹⁰⁶ Selon Wikipedia, « *l'urbanisation du système d'information d'une entité est une discipline d'ingénierie informatique consistant à faire évoluer son système d'information (SI) pour qu'il soutienne et accompagne de manière efficace et efficiente les missions de cette organisation et leurs transformations* ».

dans la prise de mesure et d'une absence d'encadrement de ces données, d'une part, et en raison des risques liés à la sauvegarde et à la sécurisation de la donnée, d'autre part. Cependant, certaines équipes médicales commencent à souligner l'utilité de ces mesures, comme l'équipe de cardiologie de l'hôpital européen Georges Pompidou¹⁰⁷ ou le collectif de médecins derrière le site www.automesure.com¹⁰⁸. Aux États-Unis, l'utilisation de ces données semble mieux comprise : elles sont par exemple utilisées par les *Health Maintenance Organisations* (HMO, organisations fournissant des prestations de santé contre paiement d'un forfait) pour gérer la patientèle et, par exemple, prioriser les urgences en fonction de ces données.

La collecte des données de santé se heurte à plusieurs difficultés :

- **une part importante de la donnée clinique n'est pas disponible**, notamment parce que toutes les informations ne sont pas numérisées, comme les diagnostics ou les carnets de santé, et qu'il n'y a pas de collecte du suivi clinique ;
- **l'utilisation des données de santé est trop orientée vers la « gestion de la dépense »** (réduire le coût et la fraude) **et pas assez autour du patient** : les données de la CNAM sont utilisées pour la gestion de la dépense et non la gestion du patient ; de même,

¹⁰⁷ L'unité d'hypertension artérielle à l'hôpital européen Georges-Pompidou de Paris a lancé en décembre 2014 les premières applications médicales de l'auto-mesure, appelées *Hy-Quest* et *Hy-Result*. Ces applications reposent sur deux sites Internet qui ont pour objectif d'optimiser le lien entre patients et médecins et d'améliorer la prise en charge des patients.

¹⁰⁸ Les informations présentes sur le site www.automesure.com sont élaborées par des médecins hospitaliers notamment avec le service de Santé publique et d'informatique médicale de la faculté de médecine Broussais Hôtel-Dieu (SPIM).

la carte Vitale rassemble les données autour d'une logique de facturation, sans garder la trace du diagnostic ou de la pathologie. Un *care manager* pourrait être chargé de développer l'utilisation des données dans une perspective patient et non plus seulement « coût, fraude, et paiement » ;

- un **identifiant unique, de type NIR** (numéro d'inscription au répertoire), manque pour relier les données du patient ;
- des données de diagnostic et de suivi produites par les praticiens libéraux sont faiblement informatisées ;
- enfin, en France, **il n'y a pas de culture du registre** qui permettrait de développer le suivi post-hospitalisation, par exemple, ou d'améliorer la prévention. Les objets connectés doivent aider à la constitution d'un registre numérique en collectant les données et en permettant leur consolidation autour du patient.

La donnée doit être pensée à partir de son usage et non de sa nature : il ne faut pas chercher à protéger *a priori* mais bien à contrôler *a posteriori*. En cela, la loi de 1978 demeure intéressante car elle évalue bien la finalité de la donnée et ne porte pas sur sa nature. La notion de réversibilité et de tiers de confiance, qui en est le garant, est centrale.

L'émergence d'un nouveau modèle de santé dépend de conditions non réunies à ce jour

Les objets connectés et le Big data rendent possible le passage d'une médecine curative et post-traumatique à une médecine préventive et personnalisée. Si l'enjeu est considérable, les conditions pour y parvenir le sont tout autant. Il ne s'agit rien de moins que de refonder

notre système de santé et de mettre les données au cœur de celui-ci, tout en respectant la vie privée du patient.

Cinq conditions doivent être remplies pour favoriser la médecine connectée et prédictive :

1. L'émergence d'une filière de startups liées aux objets connectés de santé

Pour l'instant, les appareillages médicaux sont coûteux, nécessitent des opérateurs spécialisés et exigent que le patient se déplace. À l'avenir, ils pourraient être développés à un coût plus faible et, dans de nombreux cas, accessibles et manipulables par le patient lui-même. Des initiatives visent déjà à simplifier les usages dans le domaine de l'échographie, de l'analyse de sang, des captures d'électrocardiogramme (ECG) ou de l'endoscopie, par exemple.

Des données médicales seront prochainement produites par des dispositifs et des acteurs nouveaux. Il pourrait être opportun **d'organiser l'agrément de ces nouveaux équipements et de mettre en place les protocoles permettant d'accéder à ces données** en complément de celles provenant des autres équipements de santé.

Le projet EchOpen

EchOpen est un exemple de développement de la M-santé¹⁰⁹ qui a pour objectif la conception d'une sonde d'échographie branchée sur un smartphone. La simplicité d'accès d'une telle technologie dont le coût deviendra marginal aura un impact décisif sur l'organisation des systèmes de soins. En effet, cet outil d'imagerie, dont il est important de préciser qu'il n'est pas invasif, peut devenir un élément majeur de la prise en charge sanitaire :

- à l'hôpital, en particulier aux urgences, où certaines pathologies courantes sont explorées au moyen d'examens biologiques rudimentaires ou d'examens cliniques de présomption, faute d'un accès systématique à l'échographie. Ces pathologies, en particulier digestives, gynécologiques, obstétricales ou cardiopulmonaires, pourraient être diagnostiquées avec une plus grande certitude ;
- en ville, car l'écho-stéthoscope deviendrait l'outil maître de diagnostic et d'orientation, évitant ainsi nombre d'hospitalisations. Dans les zones sous-médicalisées des pays développés ou plus généralement dans les pays au système sanitaire défaillant, cet outil deviendrait essentiel ;
- EchOpen pourrait en outre devenir un outil décisif pour le suivi et la prise en charge télé-médicalisée des grossesses.

¹⁰⁹ Le terme d'M-santé (« MHealth » pour *Mobile Health*) désigne tous les services relatifs à la santé et disponibles en permanence via un appareil mobile connecté à un réseau.

2. La normalisation des formats d'échanges

Pour l'instant, **aucune démarche de normalisation n'a été entreprise en France** pour ces nouveaux dispositifs médicaux. L'imagerie 3D n'est que très partiellement compatible avec les formats traditionnellement mis en œuvre par les ordinateurs commerciaux. Il en est ainsi de la majorité des équipements numériques médicaux. On ne peut pourtant ignorer les bénéfices économiques et les gains d'efficacité qu'une normalisation pourrait induire.

3. Le développement d'une régulation des conditions d'utilisation des données de santé

Dans le cadre des réflexions menées en France comme à l'international autour de la création d'un dossier médical personnalisé (DMP), on peut penser qu'une approche faisant reposer la collecte et la gestion des données de santé sur l'utilisateur paraît plus pragmatique et accessible, tout à la fois d'un point de vue technique et au regard de l'obligation du respect de la vie privée des patients.

Les conditions d'utilisation des données de santé doivent faire l'objet d'une régulation qu'il conviendrait de déléguer aux usagers eux-mêmes, à l'instar de ce qui existe dans le cadre du *blue button* (cf. encadré ci-dessous).

Pour faciliter le développement de l'e-santé, il est aussi essentiel de **permettre le chaînage des données** (remonter à l'identité des personnes) **par un tiers de confiance** *via* l'utilisation d'un **identifiant de santé publique non traçable** et de **développer la confiance des usagers** en recherchant systématiquement leur consentement.

L'utilisation acceptée des données de santé, l'exemple américain du *blue button*

La France a cherché à se doter d'un système d'information unifié dans le domaine de la santé : le DMP devait être une réponse technique pour créer cette plateforme unique permettant à chaque citoyen de disposer d'une information exhaustive de ses antécédents médicaux. Ce projet a cependant échoué, notamment en raison du numéro d'identification unique des usagers de la sécurité sociale (NIR). Jugé trop significatif, le NIR n'a pas été adopté comme identifiant unique permettant aux différentes administrations intervenant dans la politique de santé d'échanger leurs informations et de coordonner leurs actions auprès des usagers. L'identifiant unique est pourtant, on le sait, à l'origine de la force des plateformes numériques. **Avoir la possibilité de centraliser les données autour d'une seule référence est la condition *sine qua non* pour disposer de plateformes efficaces.** Or en France, il existe des contraintes juridiques qui ne sont pas levées.

Ainsi, dans son rapport d'activité pour 2013, la CNIL s'est montrée favorable à l'utilisation du numéro de Sécurité sociale, le NIR, pour permettre l'agrégation et l'appariement des données de santé. Cela représentait un changement de position pour la Commission, qui s'était jusque-là toujours opposée à cette utilisation du NIR. Cette évolution reste cependant limitée à la sphère médico-sociale, empêchant ainsi toute utilisation des données à des fins autres que médicales. Il semble donc indispensable de **rechercher une nouvelle approche alternative** à l'utilisation des données de santé, comme l'exemple américain du *blue button* nous y invite.

Le *blue button* est un **projet dit de *smart disclosure* (dévoilement intelligent)** du gouvernement fédéral américain, mis en place en 2013. Il permet aux salariés du *Department of Defense* de télécharger les données médicales qu'il possède sur eux. La grande qualité de ce dispositif est de **limiter considérablement les usages impropres** qui pourraient être faits des données car l'utilisateur est le seul décisionnaire. La limite du *blue button* concerne les travaux d'épidémiologie, qui ne peuvent être faits sans un accès global aux dossiers numériques des usagers.

Le dispositif s'est généralisé en 2014 avec la mise en place d'un nouveau site et d'une version plus puissante du programme, intitulée « *blue button +* » et en cours de déploiement. Dans cette version, les données seront interopérables *via* des standards et des API notamment. Cela permettra aux développeurs de créer des applications utilisant ces données, comme par exemple *iBlueButton*¹¹⁰ qui réorganise ergonomiquement sur smartphone les informations de Medicare, le système d'assurance santé mis en place par le gouvernement des États-Unis.

4. La refonte du protocole médical pour soutenir la prévention en santé

L'explosion des données relatives à la santé ne fait aujourd'hui plus débat. Qu'elles soient issues du corps médical ou d'équipements à la disposition d'utilisateurs et connectés à un smartphone,

¹¹⁰ Melinda Beck, « Next in Tech : App Helps Patients Track Care », Wall Street Journal, décembre 2013.

les données de santé seront de plus en plus nombreuses et variées. **Il est important d’initier dès à présent une réflexion sur la forme que pourrait prendre une médecine préventive.** Cela pose néanmoins certaines questions : quels pourraient être les signaux précurseurs déclenchant une visite chez le médecin ? Quelle responsabilité juridique pour des actes de télémédecine, des diagnostics suivis de prescription, faits à distance sur la base de l’évolution de paramètres de santé ? Comment systématiser l’approche épidémiologique à partir des flux de données issus des usagers ? **Ces enjeux se trouvent au cœur du système de santé de demain et doivent faire l’objet d’un débat public.**

5. La création d’un corps médical spécialisé

Réorienter l’organisation de notre système de santé en plaçant la donnée en son cœur nécessite l’émergence de nouvelles compétences. Aujourd’hui seule une poignée de spécialistes sont spécialisées dans l’épidémiologie, et ceux-ci n’ont aucune maîtrise des modèles de valorisation moderne de la donnée et du Big data. Mettre en place des formations génériques au sein des facultés de médecine et faciliter l’émergence d’une discipline croisant épidémiologie, sciences numériques, statistiques et Big data semble donc s’imposer comme prérequis.

Les systèmes de santé publique sont donc à l’aube d’un changement majeur dans leur mode de fonctionnement. Ce changement est d’autant plus urgent que **le risque de voir apparaître à brève échéance une médecine à deux vitesses est réel** : une médecine traditionnelle, reposant sur les protocoles actuels et sur des diagnostics limités, et une autre, largement numérique, de nature privée, dont les processus seront très différents. La

question sera de savoir si cette dualité permettra de continuer à assurer la solidarité sociale et l'égalité de tous face à la politique de santé.

Malgré ces enjeux, le secteur français de la santé accuse un retard important dans l'utilisation des systèmes basés sur l'exploitation des grands volumes de données. Or, des acteurs non étatiques portent des ambitions très fortes et font peser un risque de désintermédiation dans la politique de santé publique : c'est le cas par exemple de Google¹¹¹. On voit émerger des « barbares du numérique » qui contraignent le système de santé à évoluer rapidement, sous peine d'être concurrencé par ces acteurs privés internationaux.

2.3.2. Une ville connectée, citoyenne et durable

L'Internet du Tout connecté accompagnera l'émergence de villes de plus en plus connectées

Chaque semaine sur Terre, un million de personnes supplémentaires s'installe en ville¹¹². Aujourd'hui, plus de 50 % de la population mondiale vit en ville et, si le rythme ne faiblit pas, 6,3 milliards d'êtres humains qui seront urbains en 2050¹¹³, soit 80 % de la population mondiale. **Comment faire pour répondre aux défis énergétiques, écologiques, sociétaux, économiques et environnementaux qui s'imposeront aux villes de demain ?**

Des villes métropoles hyperconnectées sont en train de voir le jour en Arabie Saoudite (King Abdullah Economic city), en Chine (l'éco-

¹¹¹ « Le pari fou de Google pour réinventer la médecine », *Les Echos*, 28 octobre 2014.

¹¹² ONU, *World Population Prospects. The 2008 Revision*, 2008.

¹¹³ ONU, *Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau*, 2014.

cité de Tianjin) ou en Corée du Sud (Songdo). Ces villes créées de toutes pièces, financées par des partenariats public-privé, tentent chacune à leur manière de réinventer la façon dont se vit le milieu urbain. Au-delà de ces exemples nouveaux, toutes les villes vont concentrer une part de plus en plus importante de la population et faire face à des défis structurels : raréfaction de l'eau, pollution atmosphérique, transport, fractures sociales, insécurité, production excessive de déchets ou consommation croissante d'énergie, etc.

Rendre les villes intelligentes et durables, c'est essayer de **diminuer l'impact environnemental**, mais aussi de repenser les modèles d'accès aux ressources, les transports, la gestion des déchets, la climatisation des édifices et surtout la gestion de l'énergie. Cependant, l'objectif de la ville intelligente est avant tout de **mieux vivre collectivement** en améliorant les services et leur accès au plus grand nombre.

L'attractivité des villes pour les différents agents économiques est liée à leur capacité à **développer un écosystème urbain technologique permettant d'optimiser le recueil, le traitement et la restitution de la donnée pour une vie urbaine plus simple et plus efficace**. Au centre de cette vision se placent l'humain et son expérience de la ville, ses nouveaux usages et sa nouvelle économie mais également la volonté des citoyens de participer à la construction de cette ville du futur.

Les villes, synonymes de concentration des richesses

La croissance régulière des villes induit des défis relatifs à l'accès aux infrastructures et aux services publics, à la mobilité et à l'information, pour lesquels l'utilisation des nouvelles technologies constitue donc un levier d'amélioration majeur.

La ville, qui est le réseau social le plus fréquenté et le plus partagé, doit se doter de l'infrastructure nécessaire à un dialogue enrichi entre ses actifs physiques (bâtiments, mobiliers de toutes sortes, façades, etc.) et les terminaux mobiles dont dispose une grande majorité des citoyens. Ainsi, irriguer la ville d'un ensemble de capteurs à même de collecter des informations pertinentes sur des aspects aussi divers que le trafic, les déplacements, la pollution, le bruit, etc., enrichira de manière très significative le potentiel d'innovations de produits et de services.

Faciliter l'accès à la donnée

Dans le cadre du déploiement de cette ville intelligente et de sa capacité à recueillir la donnée, il apparaît nécessaire de favoriser l'*open data*, dans un cadre construit, pour réunir des conditions économiques favorables.

Dans ce cadre, les organismes publics devraient respecter un certain nombre de règles relatives à l'ouverture de leurs propres données pour favoriser leur traitement par la communauté des développeurs. Il s'agit là d'une condition nécessaire à l'émergence de nouveaux services numériques qui amélioreront et faciliteront de nombreux aspects de la vie en ville. Enfin, la capacité des institutions et des agents économiques à collaborer ensemble pour une optimisation de l'accès et du traitement des données est un facteur essentiel du succès.

Les objets connectés urbains, facteurs de croissance

Dès lors que la couche d'infrastructures nécessaire à un accès permanent, rapide et confortable au réseau aura été mise en œuvre, **les applications liées à la réalisation de la ville intelligente et à la connectivité des objets constitueront de véritables facteurs d'amé-**

lioration de la vie urbaine : meilleure information sur l'activité de la ville, les transports et la mobilité, le parking intelligent, les services publics, l'accès en temps réel à de multiples indicateurs, prévention des risques, gestion des consommations de toute nature, etc. **Les champs d'application sont multiples et ouvrent des perspectives d'innovation à très grande échelle.**

Ainsi, de nombreuses entreprises comme la SNCF, Renault ou encore JCDecaux ont créé des incubateurs en relation avec les villes pour travailler sur les nouveaux enjeux des domaines du voyage, de l'automobile ou de la ville connectés et identifier et développer de nouveaux produits et services au bénéfice des urbains. L'accès à la donnée est stratégique et structurant pour permettre ces innovations et inventer des modèles économiques vertueux.

Les opportunités économiques de la ville connectée : l'exemple de Chicago et Copenhague

Deux études, réalisées par Cisco en octobre 2014 et portant sur les villes de Chicago et de Copenhague, permettent de mieux comprendre comment des villes connectées peuvent apporter des améliorations notables dans la vie quotidienne des citoyens ainsi que des économies importantes pour les collectivités. **Chicago : quinze dispositifs d'Internet des objets pourraient rapporter 8,1 milliards de dollar à la ville**

La municipalité de Chicago, mais aussi les résidents, les entreprises et l'ensemble de la société civile pourraient tirer profit de la ville connectée. Avec des augmentations de recettes, une réduction des coûts et une productivité poussée de ses agents,

la ville connectée représenterait un gain estimé à 5,2 Mds\$. Les habitants, qui gagneraient 35 minutes par mois grâce aux dispositifs, bénéficieraient de 1,8 Mds\$ en gains économiques et en gain de temps. L'intérêt pour les entreprises et la société se valorise à 1,1 Md\$ par des économies d'eau, une réduction des émissions de carbone et un meilleur chiffre d'affaires.

Quinze solutions d'Internet des objets ont été sélectionnées et validées en 2014 par le maire adjoint et le directeur des systèmes d'information de Chicago. Elles répondent à des problématiques liées à la circulation, les transports, l'environnement, le tourisme, l'éducation et les supports de travail. Dans ces domaines, l'utilisation de capteurs serait utile à plusieurs fins dont plusieurs exemples sont décrits ci-dessous :

- l'éclairage de rue pourrait être amélioré en plaçant des capteurs sur chaque lampadaire, permettant d'ajuster l'intensité de la lumière selon l'heure du jour et l'activité des piétons et des voitures. Chicago pourrait ainsi économiser 200 000 dollars par mois en coût d'énergie et de fonctionnement ;
- les bâtiments de la ville pourraient être munis de capteurs surveillant le chauffage, la ventilation, la climatisation et l'électricité : c'est ce que l'on appelle la construction intelligente. 350 000 dollars pourraient ainsi être économisés chaque année en simple réduction de la consommation d'électricité ;
- des capteurs sur tous les véhicules de Chicago (police, pompier, ambulance, bus d'école, etc.) fourniraient des informations qui

réduiraient le coût de l'assurance de 30 dollars par véhicule et le coût de maintenance de 8 dollars par mois par véhicule. De plus, le bruit, la pollution ou les conditions météorologiques seraient mieux connus. La circulation pourrait être plus facile et les coûts seraient réduits de 800 000 dollars par an. Aussi, 10,4 millions de dollars de chiffre d'affaires annuel ne seraient pas perdus à cause des conditions météorologiques ;

- l'optimisation de la circulation baisserait les émissions de CO₂ de 200 000 tonnes par an. Des vidéocaméras pouvant identifier la plaque d'immatriculation et envoyer par mail une amende en cas de stationnement interdit ou non-respect du parcomètre par exemple permettraient une économie de 1,3 million de dollars supplémentaires, tandis que les vidéosurveillances avec reconnaissance faciale en temps réel pourraient faire éviter 420 crimes par an et rendre la répartition des policiers à travers la ville plus efficace.

Les téléphones portables offrent également des opportunités pour Chicago. Avec les données des applications mobiles de la ville et les points d'accès wifi, la circulation des personnes pourrait être mieux organisée. Par exemple, les itinéraires et horaires de bus seraient optimisés, ce qui engendrerait par ailleurs six millions de dollars mensuels supplémentaires pour la compagnie de bus. Des applications mobiles et des kiosques numériques interactifs informeraient facilement les touristes qui gagneraient 30 minutes par jour. La publicité pourrait rapporter 1,8 million de dollars par an et les visiteurs dépenseraient 40 millions de dollars en plus par an. Le portable serait aussi le nouvel outil de travail des

employés de la ville, opérant pour certains à distance des autres sur le terrain. Leur collaboration par portable économiserait 48 minutes par jour et employé, équivalant à 43 millions de dollars chaque année.

En outre, la commande intégrale des trains réduirait de 80 % les accidents de trains. La fréquence des métros en hausse rapporterait 57 millions de dollars par an grâce à une plus grande capacité de voyageurs. De plus, la localisation en temps réel des trains permettrait de communiquer aux usagers l'heure exacte de passage.

Enfin, le programme d'un Chicago connecté prévoit aussi l'apprentissage en ligne. Cela adapterait mieux les programmes aux besoins des élèves, permettrait d'accéder aux supports d'éducation à toute heure et de suivre les cours même à distance. Le taux de diplômés passerait de 65 % à 74 %.

Les avantages que pourrait retirer Copenhague en tant que ville connectée s'estiment à 1,4 Md\$

Plusieurs exemples permettent de prendre la mesure des avantages économiques que la ville de Copenhague pourrait retirer du développement des objets connectés et du Big data :

- l'éclairage intelligent, avec des diodes électroluminescentes et des capteurs sur les lampadaires, réduirait les coûts d'électricité de 1,2 million de dollars par mois pour la ville ;
- des capteurs sur les places de parking et des applications sur smartphone indiqueraient aux conducteurs où se garer : cela

éviterait certains embouteillages et 3 600 litres d'essence pourraient être économisés chaque mois tandis que les émissions de CO₂ seraient ainsi réduites de 234 tonnes ;

- par des poubelles dotées de capteurs, les camions seraient informés de la nécessité de leur passage. L'optimisation de leur itinéraire éliminerait 4 930 tonnes de CO₂ chaque année. Les déchets inappropriés dans les poubelles seraient aussi signalés. Avec la construction intelligente des établissements publics (capteurs surveillant et contrôlant l'électricité, le chauffage, la ventilation et la climatisation), Copenhague éviterait de dépenser 700 000 dollars par mois ;
- une plateforme WiFi pour toute la ville servirait aux touristes, les services de santé et la municipalité, et la publicité générerait 110 000 dollars mensuels. L'analyse des données WiFi donnerait des informations en temps réel sur le trafic et aiderait à l'organisation de la ville. Chaque voiture gagnerait 33 minutes par mois et Copenhague économiserait 1,5 million de dollars en essence pour les bus par an. Un compteur communiquant connecté au WiFi baisserait la consommation en eau de 5 % par ménage, ce qui reviendrait à 354 millions de litres d'eau non consommés. Le WiFi, les capteurs et autres dispositifs pourraient soutenir la prévention et la gestion des fortes pluies et des inondations. La perte de 2 200 véhicules pourrait être épargnée ;
- enfin, des kiosques numériques à travers la ville offriraient des services de la municipalité aux citoyens. Les habitants dans

les zones isolées n'auraient plus besoin de se déplacer pour renouveler le permis de conduire par exemple. Les kiosques numériques et des applications mobiles seraient également utiles aux touristes. L'Internet des objets pour les visiteurs pourrait générer 60 millions de dollars en revenu touristique supplémentaire par an.

Au-delà de la valorisation économique, ces deux exemples soulignent ce que la numérisation pourra apporter à la cité. Dans ce mouvement du Tout connecté, la France possède de nombreux atouts parfois insuffisamment exploités mais qui devraient lui permettre, si tous les acteurs concernés, se coordonnent, d'exploiter toute le potentiel de cette révolution numérique. L'enjeu est de taille : à défaut de saisir les opportunités de l'Internet du Tout connecté, d'autres pays et d'autres acteurs le feront, car cette concurrence est mondiale.

LA FRANCE DISPOSE D'ATOUTS IMPORTANTES POUR SAISIR LES OPPORTUNITÉS OFFERTES PAR *L'INTERNET OF EVERYTHING*

3.1. **Les nouveaux leviers de la confiance : API, normes et sécurité**

3.1.1 **La confiance est la pierre angulaire du développe- ment de l'économie numérique**

La régulation des usages liés au Big data et aux objets connectés est un enjeu essentiel qui doit être débattu et porté politiquement, tout en évitant l'écueil d'appliquer unilatéralement le principe de précaution. Face au besoin de confiance partagée et de régulation, trois types d'actions peuvent être prises.

Créer de la transparence

L'invisibilité des capteurs et l'opacité partielle des traitements opérés sur les données sont très néfastes à la confiance. Les acteurs privés mais aussi publics doivent **améliorer la communication sur les actions qu'ils mènent à partir des données et les finalités de ces travaux.**

À titre d'exemple, l'inflation des conditions générale d'utilisation (CGU) ne permet que difficilement aux clients utilisateurs de les interpréter. Il conviendrait de mener un travail de transparence au bénéfice de l'utilisateur.

Renforcer la loyauté

La notion de loyauté a fait l'objet d'une des quatre thématiques de réflexion choisies dans le cadre de la concertation publique organisée par le CNNum. Il s'agit notamment de régir les relations entre les utilisateurs et les prestataires de services¹¹⁴.

Cette notion de loyauté apporte une réponse à la **critique selon laquelle le Big data n'aurait pas de finalité**, dans la mesure où on ne peut pas prédire *a priori* les usages futurs qui seront faits des données. En effet, **malgré cela, on peut attendre du prestataire de services qu'il respecte une forme de loyauté en ne faisant pas d'usages incompatibles** avec l'intention initiale de l'utilisateur. Par exemple, on pourrait considérer comme déloyal que les données sur le nombre de pas réalisés par un individu, sans son consentement, soient vendues à son assureur.

Il s'agit donc de rendre les finalités compatibles les unes avec les autres ou, dans le cas contraire, de recueillir le consentement explicite ou implicite de l'utilisateur. La notion de loyauté correspond donc à un alignement d'intérêts entre l'individu et l'entreprise. Elle doit **concilier le Big data et la régulation des données personnelles**. On peut d'ores et déjà concevoir des règles qui empêchent les détournements de finalité.

Le Conseil d'État¹¹⁵ est allé jusqu'à envisager un « **droit à l'auto-détermination numérique** » afin d'équilibrer la relation entre les individus et les acteurs économiques. Cette notion s'inspire du droit à « l'autodétermination informationnelle » défendu par la Cour

¹¹⁴ Voir également à ce sujet : ICO, *Big data and data protection*, juillet 2014.

¹¹⁵ Conseil d'État, *Étude annuelle 2014 - Le numérique et les droits fondamentaux*, juillet 2014.

constitutionnelle allemande en 1983, et tend à « *garantir en principe la capacité de l'individu à décider de la communication et de l'utilisation de ses données à caractère personnel* »¹¹⁶. Ce droit ne serait pas un nouveau droit mais un principe pouvant donner sens à la régulation des usages.

Renforcer l'empowerment de l'utilisateur

Enfin, pour développer la confiance, **l'individu doit être responsabilisé et rendu maître de ses données**. L'*empowerment* ou la gestion par l'individu de son « capital données » est un des défis du développement des objets connectés et du Big data. Pour ce faire il est nécessaire que la gestion des données personnelles soit facilitée, dépourvue de biais commerciaux, idéologiques ou opérationnels.

Le self data, c'est-à-dire la production, l'exploitation et le partage de données personnelles par les individus, sous leur contrôle et à leurs propres fins, apporte une réponse au développement de l'*empowerment* de l'utilisateur. Par exemple, en France le projet Mes Infos¹¹⁷ expérimente le *self data*, susceptible de replacer l'individu au centre de la production et de l'utilisation des données qu'il génère.

Le rôle des algorithmes

« Les algorithmes sont des fonctions qui déterminent l'action que l'on doit attribuer à chaque donnée entrante. Les algorithmes avancés et auto-apprenants, au cœur du traitement intelligent

¹¹⁶ *Ibid.*

¹¹⁷ Expérimentation Mes Infos, « Synthèse, conclusions et défis pour le futur du "Self Data" », Fondation Internet nouvelle génération, Octobre 2013 - Juin 2014

des données, sont des fonctions qui se transforment au fur et à mesure des résultats obtenus par les actions entreprises. Cela permet, à chaque nouvelle action ou campagne, d'évoluer au plus près des objectifs fixés au départ »¹¹⁸.

Christophe Steiner¹¹⁹ définit les algorithmes comme de « *gigantesques ramifications dans lesquelles se succèdent des décisions binaires suivant une suite de règles préétablies* ». Un algorithme trouve donc sa définition et sa formule dans sa finalité. Selon qu'il recommande, ordonne ou déduit, il sera construit différemment. « *Parce qu'ils constituent un prisme de lecture et de compréhension du réel de plus en plus présents, les algorithmes et les données doivent faire l'objet de règles de gouvernance réfléchies. Plusieurs exemples mettent en lumière comment une utilisation malintentionnée ou malencontreuse des technologies Big data peut transformer un algorithme en une machine à discriminer, systématique et silencieuse* ».

3.1.2. La protection des données et des droits à l'ère de l'Internet du Tout connecté

La multiplication des capteurs autour de l'individu soulève des questions nouvelles sur la gestion des données ainsi collectées par des appareils, des applications ou des services. Les enjeux sont distincts selon qu'on se place du point de vue de l'individu qui produit des données ou de celui de l'entreprise qui les exploite.

¹¹⁸ Makazi, *Livre blanc du data marketing*, 2013.

¹¹⁹ Auteur de *Automate this : how algorithms came to rule our world*, août 2012.

Comment garantir les droits des individus ?

La **multiplication de capteurs** dans l'espace public et privé rend possible l'obtention de données qui permettent d'analyser les activités, les comportements et les modes de vie des individus sans qu'ils soient toujours informés de cette collecte, de son ampleur et de ce qui peut en résulter. Ainsi, un bracelet connecté permet de connaître le nombre de pas réalisés chaque jour par un individu.

Ces données brutes peuvent paraître anodines ; elles peuvent cependant très facilement basculer dans le champ des données personnelles pouvant être utilisées pour suivre, analyser, sonder et cibler des individus. Par exemple, les données sur le nombre de pas, accumulées sur le long terme, peuvent devenir un indicateur de l'état de santé. Cette information peut dès lors représenter un atout ou un risque pour l'individu, en fonction de l'entité qui s'en sert : pour la prévention de maladies cardio-vasculaires (par un professionnel de santé) ou pour la modification d'un contrat d'assurance (par un assureur).

Les enjeux soulevés par ces questions se retrouvent dans les thèmes ci-dessous :

- **la distinction des types de données : *a minima*, les données brutes doivent être distinguées des données lissées ou interprétées**, dont la nature est moins sensible. Le recueil et l'usage de ces données entraînent des responsabilités particulières qui varient en fonction de leur type. Ces notions ont été développées dans un avis récent du G29¹²⁰ ;

¹²⁰ *Opinion 05/2014 on anonymisation techniques, Op. cit.*

- **la visibilité des capteurs** : les individus ne sont pas nécessairement informés du fait que telles et telles données sont recueillies à un lieu et à un moment donnés. Cet état de fait, potentiellement problématique, doit s'inscrire dans une réflexion plus large sur l'information de l'individu producteur de données ;
- **la *privacy by design*** : ce concept, que l'on peut traduire par « respect de la vie privée dès la conception » a été développé dans les années 1990. Il désigne le fait d'intégrer la protection des données dès la conception des systèmes et des technologies informatiques et implique notamment que les développeurs s'imposent de ne pas recueillir de données sans lien avec le service rendu. Il s'agit d'une application du principe de proportionnalité qui vise à limiter le type et la quantité de données collectées dès la conception des systèmes informatiques ;
- **la portabilité des données** : il s'agit de permettre aux utilisateurs de récupérer les données qui les concernent, afin d'éviter qu'ils ne se trouvent « enfermés » dans un univers technologique donné. Pour inciter les fournisseurs de biens ou de services à proposer à leurs utilisateurs la portabilité des données, les standards et les API peuvent être de bons leviers car ils permettent de contrôler les usages et les partages des données.

Comme l'indique la CNIL, « **un enjeu de standardisation majeur pèse sur l'avenir de l'internet des objets et des communications de machine à machine (M2M).** En effet, **de nombreuses normes sont en compétition**, à commencer par les traditionnels Wifi et Bluetooth, les technologies sans contact et RFID, des normes spécifiques de domotique ou d'objets communicants (Zigby, D-wave...) et des normes propriétaires. Cette situation **limite l'expansion des services** liés à

l'internet des objets, mais elle réduit également la capacité à offrir un environnement de sécurité satisfaisant »¹²¹.

Comment permettre le développement de business models autour de l'exploitation des données ?

Les enjeux liés à l'anonymisation des données se posent dès lors qu'on se place du point de vue de l'entreprise qui souhaite utiliser les données recueillies.

L'anonymisation est un processus bien défini et qui porte notamment un caractère d'irréversibilité. Au sens de la directive 95/46/CE et du G29, qui s'est prononcé en avril 2014 sur les techniques d'anonymisation¹²², l'anonymisation consiste à rompre tout lien entre une donnée et un utilisateur. Si une entreprise peut faire la preuve de cette anonymisation, la donnée n'est plus considérée comme personnelle et peut dès lors être utilisée et diffusée très largement.

Cependant, la qualité de l'information et son intérêt du point de vue d'une exploitation économique est souvent très dégradée par l'anonymisation. **De nombreuses voix s'élèvent ainsi pour réclamer la mise en œuvre d'une solution intermédiaire,** qui permette aux entreprises de fonder leur activité sur le traitement de la donnée tout en restant en conformité avec la loi.

Par exemple, il est possible de traiter la donnée sans rompre totalement le lien avec l'utilisateur initial. La suppression de certaines données permet de réduire les risques d'identification : par exemple, dans une base de données, remplacer le prénom et le nom par un

¹²¹ « Le corps, nouvel objet connecté », CNIL, *Cahiers innovation et prospective*, n°2, mai 2014.

¹²² *Opinion 05/2014 on anonymisation techniques*, Op. cit.

identifiant alphanumérique (tout en conservant à côté un document appariant ces identifiants et ces noms) permet de créer des données **pseudonymisées**.

Le développement de méthodes d'analyse du risque de ré-identification pourrait permettre de dessiner les contours de cette pseudonymisation. De même, les API peuvent représenter un levier d'action intéressant en permettant de gérer l'accès et la récupération des ensembles de données concernées.

Par exemple, Twitter utilise des règles similaires et, lorsqu'un utilisateur efface l'un de ses tweets, les autres utilisateurs qui l'auraient réutilisé doivent théoriquement ne plus prendre en compte ce tweet – bien que cette vérification soit difficile à mettre en œuvre.

Les autorités européennes de protection des données, et la CNIL en France, sont plutôt opposées à la création d'un statut juridique particulier pour les données pseudonymisées, car ce dernier pourrait permettre à des entreprises mal intentionnées de contourner les règles de protection des données personnelles. À l'inverse, ces mêmes autorités sont à la **recherche de mécanismes intelligents qui permettent une réutilisation sous contrôle des données en analysant les risques et les impacts de ces techniques**.

En plus des enjeux liés à l'anonymisation des données, la **question du rescrit** est centrale pour le développement de l'innovation autour des données. Un rescrit est une prise de position de l'administration qui est opposable à celle-ci : les porteurs de projets, comme les entrepreneurs, peuvent donc s'en prévaloir au cas où l'administration changerait d'avis.

Comme l'explique le Conseil d'État, « *peu de traitements sont soumis à autorisation préalable et le responsable de traitement doit donc apprécier lui-même la licéité de son action* »¹²³, au risque d'être sanctionné s'il l'a mal appréciée alors qu'il cherchait à respecter la loi. Ainsi, « *la création d'un rescrit en matière de données personnelles serait un instrument adapté pour renforcer la sécurité juridique des porteurs de projets* »¹²⁴. En pratique, un responsable de traitement pourrait interroger la CNIL sur la licéité du traitement avant de mettre celui-ci en œuvre ; la réponse fournie par la CNIL lui serait opposable et constituerait donc une garantie pour le porteur de projet.

Les politiques publiques de protection des données personnelles aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Allemagne

Aux États-Unis

Le 4^e Amendement de la Constitution américaine établit un droit de protection de la vie privée. Cependant, il couvre uniquement les données traitées par les agences gouvernementales et ne concerne que les citoyens américains et les étrangers vivant sur le sol américain¹²⁵. Le Privacy Act de 1974 est le principal cadre juridique protégeant les données à caractère personnel détenues par le secteur public. Il énonce cinq principes : le principe de transparence, le principe d'accès, le principe de correction, le principe de sécurité des données et le principe de limitation de

¹²³ Conseil d'État, *Le numérique et les droits fondamentaux*, 2014.

¹²⁴ *Ibid.*

¹²⁵ Winston Maxwell, « La protection des données à caractère personnel aux États-unis : convergences et divergences avec l'approche européenne » *Le Cloud Computing, L'informatique en nuage*, octobre 2013.

la finalité¹²⁶. Ce n'est qu'après le Privacy Act que le secteur privé fut réglementé sur la gestion des données privées. Par exemple, le Health Insurance Portability and Accountability Act qui protège les données de santé, le Gramm-Leach-Bliley Act pour les données financières, ou le Children's Online Privacy Protection Act concernant les données des enfants. Tous les États américains ont voté des lois spécifiques pour la défense de certains aspects de la vie privée : par exemple, l'État de Californie condamne les entreprises pour vente de données d'étudiants sans but éducatif dans le Student Digital Privacy Act¹²⁷ et donne un droit à l'effacement à des utilisateurs mineurs de réseaux sociaux.

La différence la plus notable avec le droit européen est le caractère commercial ou non des données privées. Même s'il existe plusieurs lois relatives aux différents secteurs économiques, les États-Unis ne disposent pas de cadre juridique couvrant tout le secteur privé. Ainsi, la gestion des informations collectées par des hôpitaux ou des banques par exemple est réglementée, mais les entreprises peuvent librement utiliser les données tant qu'elles ne se rendent pas coupables de pratiques déloyales.

La Federal Trade Commission (FTC) est l'agence indépendante en charge de l'application des droits du consommateur qui veille à la mise en place des bonnes pratiques commerciales anticoncurrentielles. Elle s'occupe aussi de la protection de la vie privée des

¹²⁶ Rocco Bellanova and Paul De Hert, « Protection des données personnelles et mesures de sécurité : vers une perspective transatlantique », *Culture et Conflits*, juillet 2013.

¹²⁷ « Obama cherche à renforcer la protection des données personnelles », *L'atelier*, 13 janvier 2015.

consommateurs et conduit des investigations, poursuit les contrevenants à la loi et fait suite aux plaintes qu'elle collecte¹²⁸.

Barack Obama s'est récemment prononcé pour le renforcement de la protection des données privées, du fait notamment de l'ampleur du piratage et de la collecte des informations sur smartphones et tablettes. Il a déclaré le 12 janvier 2015 l'élaboration de plusieurs lois¹²⁹ et l'harmonisation des lois fédérales¹³⁰, proposant notamment que les entreprises signalent aux consommateurs le piratage de leurs données sous 30 jours et que la revente des données des étudiants soit interdite. Ces propositions doivent être soumises au Congrès.

Au Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, le Data Protection Act de 1998 pose les bases de la protection des données personnelles. Entrée en vigueur en 2000, cette loi transpose la directive européenne de 1995 et donne certains droits aux individus et des obligations aux détenteurs et utilisateurs d'informations privées.

La donnée personnelle y est définie comme toute information liée à un individu qui peut être identifié grâce à cette donnée ou à partir de cette donnée, et à d'autres informations qui sont en possession, ou qui pourraient être en possession du contrôleur de données. Plusieurs voix ont souligné que cette définition est

¹²⁸ Site internet de la Federal Trade Commission, consulté le 16 janvier 2015.

¹²⁹ « Barack Obama veut élaborer de nouvelles lois sur la protection des données », *L'usine digitale*, 15 janvier 2015.

¹³⁰ « Obama : With Tech Advances Come Privacy Risks for US », *The New York Times*, 12 janvier 2015.

trop imprécise pour garantir l'anonymat. Selon les huit principes que le Data Protection Act énonce, les données doivent être traitées de manière juste et légale, utilisées à certaines fins seulement, adéquates, utiles et non excessives, exactes et à jour, conservées seulement tant qu'elles sont nécessaires, utilisées conformément aux droits des individus, stockées en lieu sûr et conservées dans l'espace économique européen, à moins d'une protection adéquate¹³¹.

D'autres lois complètent celle de 1998 : par exemple, les Privacy and Electronic Communications Regulations 2003 régulent le marketing par e-mail ou par messages en exigeant le consentement du consommateur à l'envoi d'information spontané. Les Privacy and Electronic Communications Amendment Regulations 2011 réglementent l'utilisation des « cookies » et les interceptions de communication sur les réseaux publics et privés sont régis par le Regulation of Investigatory Powers Act de 2000. Enfin, le Freedom of Information Act de 2000 donne aux citoyens des droits d'accès aux informations détenues par les autorités publiques¹³².

Le Information Commissioner's Office (ICO) a été mis en place par le Data Protection Act 1998 et est chargé du respect de cette loi. Son rôle est similaire à celui de la CNIL : promouvoir et informer les bonnes utilisations des données, établir ou approuver les codes de pratique à suivre par les contrôleurs de données,

¹³¹ « Résumé de la législation - Data Protection Act 1998 », site internet de l'Information Commissioner's Office, consulté le 15 janvier 2015.

¹³² Tailor Wessing, *An overview of UK data protection law*, 2012.

vérifier la conformité à la loi et poursuivre les contrevenants, recevoir et faire suite aux plaintes et écrire des rapports au Parlement¹³³.

En Allemagne

En Allemagne, une donnée est dite privée dès lors qu'elle concerne une situation d'un individu identifié ou identifiable. Depuis 2009, la Loi fédérale de protection des données (*Bundesdatenschutzgesetz*) qui transpose la directive européenne 95/46/EC de 1995 est le principal cadre législatif de la protection des informations détenues par les autorités fédérales et les agents privés. Les organismes publics étatiques suivent une réglementation propre à chaque État. La collecte, le traitement et l'utilisation des données sont seulement autorisés aux conditions de la loi fédérale ou si l'individu dont les informations sont gérées a donné son consentement.

Certains secteurs privés suivent des règles spécifiques, comme la banque ou les télécommunications. Les grands principes de protection sont le principe de réduction et d'économie des données (enregistrer et utiliser aussi peu de données que possible), le principe de permission explicite (par la loi ou de l'individu), le principe de limitation au but fixé du traitement des données, le principe de collecte directe (venant de la personne), le principe d'accès (l'individu a le droit de connaître gratuitement les informations détenues le concernant), le principe d'exactitude des données et le principe de limitation (les informations non pertinentes pour le but du traitement doivent être effacées)¹³⁴.

¹³³ « Résumé de la législation - Data Protection Act 1998 », *Op.cit.*

¹³⁴ « *Data protection in Germany overview* », Data Protection Multi-jurisdictional Guide, site internet de Practical Law, consulté le 16 janvier 2015.

Le Commissariat fédéral à la Protection des Données et du Droit à l'Information (*Bundesbeauftragten für den Datenschutz*) veille au respect du droit à l'accès, protège les données personnelles et encourage la coopération européenne et internationale. Il a un rôle de conseil auprès des particuliers, des personnes morales, du Parlement et du gouvernement¹³⁵. Angela Merkel plaide pour une meilleure protection des données en Europe contre les géants de l'internet et la surveillance américaine¹³⁶.

En sus de ces interrogations liées à la protection des données, **l'anonymisation représente en outre un enjeu stratégique et économique important pour la France**. En effet, l'anonymisation requiert des technologies et des services de pointe qui font appel à une expertise encore rare. On peut anticiper une **demande croissante des entreprises pour bénéficier d'un accompagnement et de services dans la mise en place de ces processus d'anonymisation** (évaluation des risques, tests de robustesse, formation, etc.) voire même, à terme, dans la création d'un label décerné aux entreprises répondant à des critères définis de protection des données.

Comme le précise la CNIL, « *les acteurs qui permettent aux utilisateurs de rester maîtres du partage de leurs données et qui recueillent leur consentement peuvent même faire de ces pratiques vertueuses un avantage concurrentiel* »¹³⁷. Or, **la France dispose d'atouts**

¹³⁵ « La liberté d'accès en Europe et dans le monde », site internet de la CADA, consulté le 16 janvier 2015.

¹³⁶ « Merkel et Hollande veulent renforcer la sécurité des messages électroniques en Europe », *Le monde informatique*, 17 février 2014.

¹³⁷ « [Communiqué G29] Avis sur l'Internet des objets », site Internet de la CNIL, 8 octobre 2014.

conséquents pour se positionner comme leader sur ce marché émergent de l'anonymisation des données : des chercheurs parmi les meilleurs au monde, des entreprises à la pointe de ces enjeux et des tiers de confiance.

3.1.3. Les API, clés de l'Internet des données

Les *Application Programming Interfaces* ou API (en français « interface de programmation » ou « interface pour l'accès programmé aux applications ») connaissent un développement très important et **définissent de nouvelles façons d'échanger les données et d'aborder l'écosystème numérique de demain**. Équivalent de la prise de courant pour les données dans le domaine numérique, les API facilitent l'émergence de nouveaux services en simplifiant les échanges entre systèmes d'information et applications. Personne ne peut avoir accès aux données sans clef, et ces clefs sont de plus en plus souvent les API. Demain, tous les objets connectés échangeront au travers d'API.

Un protocole de communication

Une API permet de faire le lien entre un utilisateur et une application.

Il s'agit de la partie exposée d'un programme permettant le contrôle de ce dernier sans en maîtriser toutes les différentes composantes¹³⁸.

Les API **assurent également l'interopérabilité de différents programmes et plateformes**. L'accès aux données peut traditionnellement se réaliser en exportant des données sous forme de fichier : simple, cette méthode est cependant peu pertinente lorsque les données sont nombreuses et évoluent fréquemment. Il conviendrait

¹³⁸ « API » sur techterms.com

en effet de télécharger régulièrement l'ensemble du fichier pour maintenir à jour les données collectées, ce qui engendrerait une consommation importante des ressources système ou réseau¹³⁹.

L'API répond à ce besoin en permettant un accès direct aux données et uniquement à celles dont on a besoin ou auxquelles on peut accéder. L'API est ainsi une porte d'entrée qui permet de **contrôler l'exposition et l'utilisation des données numériques produites par un service**. Un exemple souvent repris est celui des « boutons Facebook » qui ne requièrent pas de visiter le site Internet de Facebook pour « aimer » un contenu sur un autre site.

Chaque API a ses particularités (nombre de requêtes autorisées, clefs d'accès, données accessibles, règles relatives aux manipulations des données, etc.) et, en fonction de sa nature publique ou privée, l'API expose les données à tous les développeurs qui le souhaitent ou n'est accessible qu'aux développeurs internes et aux partenaires sélectionnés. **Il en existe trois principaux types : privées, partenariales et publiques :**

- les API privées sont utilisées au sein des entreprises pour faciliter l'intégration des différents systèmes et des applications utilisées. Elles permettent de rationaliser les infrastructures, de réduire les coûts, d'accroître la flexibilité de circulation des données et d'améliorer certaines opérations ;
- les API partenaires sont utilisées pour faciliter la communication et l'intégration de l'information entre une entreprise et ses partenaires ;

¹³⁹ *Ibid.*

- les API publiques permettent aux entreprises d'exposer publiquement des informations et des fonctionnalités d'un ou plusieurs systèmes ou applications à des tiers, sans nécessairement être en relation d'affaires avec eux. Ce type d'API facilite par exemple la R&D déléguée, augmente la visibilité de l'entreprise et peut constituer une nouvelle source de revenus, car des tiers peuvent enrichir l'offre de services via l'API. Twitter, par exemple, génère un flux de visiteurs dix fois plus important via ses API qu'à travers son site Internet¹⁴⁰.

L'usage des API est en très forte croissance

Historiquement utilisées par les grandes sociétés de logiciel, l'usage des API se généralise aujourd'hui pour l'échange de données. Dans les années 1990, les API étaient seulement utilisées par les programmeurs pour développer des applications sur des systèmes d'exploitation. Aujourd'hui, les API permettent de connecter certains objets entre eux et de faire circuler la donnée plus globalement. Demain, tous les objets connectés échangeront de plus en plus de données entre eux *via* les API et les API entre elles.

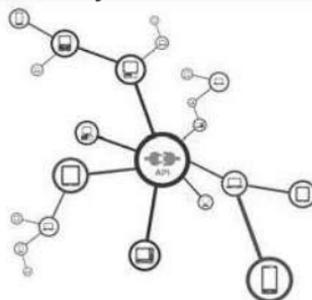
¹⁴⁰ « Twitter API traffic is 10X Twitter's site », Programmable Web, 10 septembre 2007.

**Figure 17 : Développement de l'utilisation
des API pour l'échange de données**

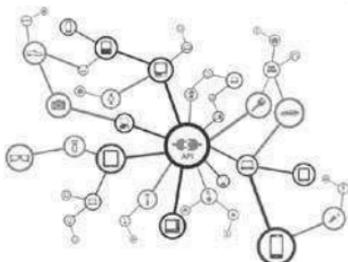
Années 1990



Aujourd'hui



Demain

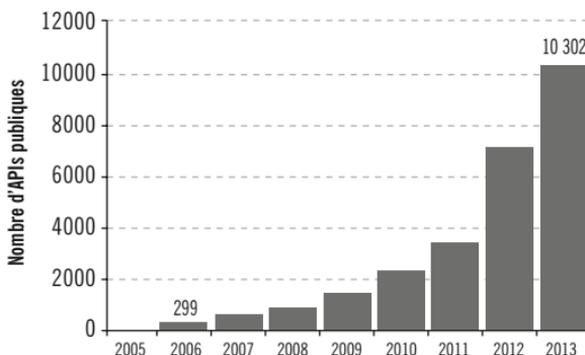


Source : FaberNovel, *6 reasons why APIs are reshaping your business*, 2012.

Les API publiques sont nées en 2000 avec l'API ouverte d'eBay¹⁴¹ et leur nombre croît fortement depuis 2005 : **elles constituent l'une des clefs de l'écosystème numérique actuel**. L'année 2013 a été importante pour le développement des API à la fois en termes d'adoption, de technologie et d'investissement : le nombre d'API publiques a dépassé les 10 000 pour la première fois en 2013. Le site *Programmableweb* souligne en outre que cette tendance concerne aussi les API privées et partenaires, qui sont par nature plus difficilement recensables.

¹⁴¹ « Open APIs reach new high water mark as the market Web evolves », *ZDNet*, 4 novembre 2008.

**Figure 18 : Croissance des API publiques
sur Internet entre 2005 et 2013**



Source : programmableweb, « Growth in Web APIs from 2005 to 2013 », 2013.

En 2014, cette tendance semble s'être poursuivie avec un nombre d'API compris entre 100 000 et 200 000 ; les API privées seraient neuf fois plus nombreuses que les API publiques recensées¹⁴². Cette croissance prend deux formes : le lancement de nouvelles API (l'indicateur 3scale¹⁴³ relève dix lancements de nouvelles API par mois) ainsi qu'une augmentation de la visibilité d'API privées d'entreprises, qui les ouvrent progressivement à des publics plus larges. Au-delà de la croissance en volume, l'utilisation des API se répand dans presque tous les secteurs économiques¹⁴⁴ ainsi que chez certaines collectivités publiques et associations.

¹⁴² « API Predictions 2014 », 3scale, 16 décembre 2013.

¹⁴³ 3scale est une entreprise privée qui développe et vend des API et fournit aux développeurs des outils pour les utiliser plus facilement. Voir : www.3scale.net

¹⁴⁴ « API : Three Letters That Change Life, the Universe and Even Detroit », *Wired*, 6 février 2012.

Un enjeu stratégique de création de valeur pour les entreprises

Les API sont un levier de création de valeur : ainsi Orange, à travers son « API Challenge » ouvert à trois pays d'Afrique (Côte-d'Ivoire, Sénégal et Mali)¹⁴⁵ accroît sa visibilité, opère sa transformation digitale et attire les développeurs, tout en retenant les API les plus innovantes¹⁴⁶. **Les stratégies autour des API sont liées aux conditions de leur mise à disposition : ouvertes ou réciproques, gratuites ou payantes.**

Ainsi, Johann Daigremont, responsable des communications aux Bells Lab d'Alcatel Lucent, souligne qu'« **ouvrir ses services tiers à une API n'est pas anodin. C'est au contraire une réelle stratégie économique** choisie par celui qui fournit ce service. Cela permet d'attirer des communautés de développeurs et de bénéficier d'une masse critique que vous n'avez pas en interne dans votre entreprise pour apporter de nouvelles fonctionnalités, de nouvelles applications auxquelles vous n'auriez pas pensé ou que vous n'auriez pu développer. Cela permet également de suivre vos utilisateurs dans leurs usages d'autres applications, ce qui permet de construire des profils utilisateurs plus complets, profils pouvant ensuite être revendus pour du marketing ciblé »¹⁴⁷.

Les API interrogent les **nouveaux contours du droit d'auteur**, en particulier depuis le cas « **Oracle America, Inc. v Google, Inc.** » : un différend opposait Google à Oracle au sujet de la possibilité d'étendre le droit d'auteur à des API. En mai 2014, la Cour d'appel américaine a donné raison à Oracle en reconnaissant que ses API

¹⁴⁵ « Challenge API : tout savoir sur le concours », site Internet d'Orange Partner, 2 avril 2014.

¹⁴⁶ « Orange ouvre ses API en Afrique », *L'Usine Digitale*, 15 octobre 2014.

¹⁴⁷ « Comprendre les interfaces de programmation », *InternetActu.net*, 24 juin 2011.

peuvent être protégées par un droit d'auteur¹⁴⁸. Ce cas pourrait avoir des conséquences de plus grande envergure en généralisant le phénomène des interfaces de programmation spécifiques protégées par copyright¹⁴⁹. Le droit d'auteur généralisé pour les API serait susceptible d'avoir, en revanche, un effet dissuasif sur l'innovation en ralentissant l'apparition de modèles d'interface communs.

Le caractère contractuel d'une API ne semble pas suffisant pour interdire l'asymétrie des échanges qu'elle peut engendrer. Les systèmes ou les applications peuvent utiliser les données sans que le fournisseur initial (l'individu par exemple) s'en rende compte ou qu'il ait une complète connaissance de leurs utilisations. Les API induisent le risque d'une utilisation asymétrique des données et, pour certains acteurs, la sur-utilisation de leurs ressources ouvertes pose question.

Ainsi, **la guerre des stratégies autour des API est en train de configurer l'Internet du Tout connecté et ce qui en dépend.** Les entreprises pourraient donc bénéficier d'un accompagnement au développement des API, non seulement pour envisager leurs opportunités économiques mais aussi les enjeux juridiques, **car les API peuvent jouer le rôle d'un filtre et éventuellement celui de « corde de rappel de la donnée » en cas de contestation sur leur utilisation. De plus, les API peuvent être un moyen de prouver que les diligences en matière de droit de la protection de la donnée sont mises en œuvre et ce faisant d'alléger les contraintes *a priori* qui pèsent sur l'entreprise en la matière** (obligations relatives à la loi « Informatique et Libertés »).

¹⁴⁸ United States Court of Appeals for the Federal Circuit, *Oracle America Inc. v. Google Inc.*, verdict rendu le 9 mai 2014.

¹⁴⁹ « Dangerous Decision in Oracle v. Google: Federal Circuit Reverses Sensible Lower Court Ruling on APIs », *Electronic Frontier Foundation*, 9 mai 2014.

En effet, les API encadrent les conditions d'accès techniques à des ressources. **Elles pourraient à l'avenir inclure des règles juridiques pour créer l'équivalent de « packs de conformité » associant des clauses contractuelles types à des règles techniques.** À titre d'exemple, l'avis du G29 sur les applications mobiles développe cette idée pour ce qui touche au droit d'accès, de rectification et d'effacement des données personnelles¹⁵⁰.

L'API Twitter et l'engagement contractuel

Dans le cadre des contrats que Twitter passe avec des tiers pour leur offrir un accès « privilégié » par une API au flux complet des tweets, la société Twitter est en mesure de contraindre le « réutilisateur » (ayant re-tweeté un message) à effacer et de ne plus utiliser un tweet que son auteur aurait ou souhaiterait effacer. L'information sur cet effacement est transmise par l'API et, si le « réutilisateur » ne se conforme pas à cette demande, il devient alors contractuellement fautif¹⁵¹.

Cet exemple illustre aussi que l'auto-régulation par le marché peut ne pas être suffisante pour garantir la pérennité de ces règles. Twitter a passé un nombre limité de contrats avec des entreprises ayant un accès « privilégié » aux données publiées sur Twitter par les utilisateurs. Historiquement, quatre entreprises disposaient de ce type de contrats : Topsy, NTT (uniquement pour le Japon), Datasift et Gnip. La société Topsy a été acquise par Apple et Gnip par Twitter : ce dernier s'interroge donc sur la pertinence de

¹⁵⁰ Article 29 data protection working party, Opinion 02/2013 on apps on smart devices, 27 février 2013.

¹⁵¹ Plus d'éléments sur ces données twitter : <http://datasift.com/platform/datasources/twitter/>

continuer à fournir des informations complètes aux concurrents d'une entreprise qui lui appartient désormais¹⁵².

On a souvent constaté que des grandes plateformes comme Facebook, Twitter ou Google avaient, dans leur phase de lancement, des politiques permissives sur leurs API, donnant un accès très libre à leurs données pour favoriser l'émergence d'un écosystème d'usages dense autour de ces API. Dans un second temps, elles avaient tendance à « fermer » progressivement l'usage de leurs API pour préserver leur avantage compétitif sur cette richesse que représentent les données.

Le risque est donc réel de voir augmenter l'asymétrie d'accès à l'information au fur et à mesure de la consolidation des marchés. Dans ce cadre aussi, le législateur peut avoir un rôle à jouer pour maintenir la fluidité des échanges dans le temps.

Les API sont un outil pour renforcer le lien entre les citoyens et l'administration

Les API représentent un véritable potentiel pour les politiques publiques à mener, car elles permettent une relation plus dynamique entre les administrations et les administrés. En France, le gouvernement a ouvert ses données par le biais du site [data.gouv.fr](https://www.data.gouv.fr) qui met à la disposition des internautes une API permettant de transmettre les données publiques mises en ligne à tout internaute qui le souhaite¹⁵³. La mairie de Paris a également développé, en 2014,

¹⁵² Site de *techcrunch*, 15 avril 2014 et site de *Fortune*, 16 avril 2014.

¹⁵³ Voir la description de l'API du site [data.gouv.fr](https://www.data.gouv.fr/fr/apidoc/) : <https://www.data.gouv.fr/fr/apidoc/>

sa propre API qui permet aux habitants de la ville de recevoir directement les données de la ville de Paris et d'échanger des informations à travers la plateforme Paris Connect¹⁵⁴.

La CNIL considère les API comme un moyen de gérer les données personnelles et de remettre l'individu au cœur de la régulation :
« *techniquement, un moyen de faciliter l'accès direct et transparent est de passer par des API – c'est-à-dire des interfaces de programmation – que l'on peut schématiser comme « une prise » que les organisations mettraient à la disposition de leurs utilisateurs, et sur laquelle ils pourraient « se brancher » pour accéder et modifier leurs données. Le recours à une API rend ainsi les données plus directement accessibles pour les utilisateurs en même temps qu'il suppose de les délivrer dans un format standardisé, lisible par d'autres machines. En ce sens, militer pour l'ouverture d'API ne renvoie pas seulement à une architecture technique mais à un design plus général facilitant la réutilisation des données en les délivrant dans un format qui favorise leur interopérabilité* »¹⁵⁵.

Cette appropriation des API par les services de l'État s'inscrit dans le cadre d'une volonté de dialogue accru entre décideurs et citoyens. Les API ont l'avantage d'offrir une réelle interopérabilité entre les sites, et donc, d'aller chercher le citoyen « où il se trouve » : ainsi, en octobre 2014 la Maison-Blanche a lancé une API pour sa plateforme de pétitions en ligne « We the People ». Celle-ci permet aux citoyens qui le souhaitent de signer une pétition émise par cette plateforme sans avoir à se rendre sur le site officiel de la

¹⁵⁴ Voir le site <https://api.paris.fr/>

¹⁵⁵ CNIL, « Vie privée à l'horizon 2020 », *Cahiers Innovation et prospective*, n° 1, novembre 2013.

Maison-Blanche, mais en passant par l'API mise à leur disposition à partir d'autres sites ou blogs¹⁵⁶.

Les API permettent également de réduire les coûts dans la mesure où quelques lignes de codes suffisent à intégrer du contenu sur n'importe quel site sans avoir à bâtir une structure particulière pour chacun d'entre eux.

3.1.4. La sécurité numérique, condition sine qua non de la confiance

Le Big data et les objets connectés offrent des perspectives d'évolution très importantes aux individus et aux entreprises. Cependant, ces évolutions supposent que tous les acteurs aient confiance dans les systèmes et les réseaux technologiques qui sous-tendent la révolution numérique. **Condition de la confiance, la sécurité numérique représente un défi majeur pour les entreprises et l'État**, que l'avènement du Big data, du *cloud* et de la mobilité dans un environnement de plus en plus connecté rend d'autant plus fort.

Les enjeux de la sécurité se concentrent « *sur l'intimité numérique des personnes (privacy), sur la protection du patrimoine et des idées (intellectual property rights), sur la distribution des contenus en lignes tout en gérant les droits d'auteurs et de marques déposées (digital rights management), sur la sécurité classique des réseaux [et des systèmes d'information] et sur la protection des grandes infrastructures* »¹⁵⁷.

¹⁵⁶ « The New We the People Write API, and What It Means for You », *The White House Blog*, 23 octobre 2014.

¹⁵⁷ Michel Riguidel, *La sécurité des réseaux et des systèmes*, ENST Paris, 2007.

La démarche de sécurité numérique se compose de quatre dimensions :

- « *la sécurité physique (l'innocuité) des lieux, des personnes et des biens, des infrastructures et des ressources matérielles (accidents ou sabotages) ;*
- *la sécurité logique, la sûreté de fonctionnement, la fiabilité des systèmes embarqués, relative à la bonne marche, à la robustesse ou à la survie d'un système, suite à des dysfonctionnements internes ou externes ou des perturbations accidentelles ou intentionnelles de l'environnement ;*
- *la sécurité des infrastructures, des systèmes de télécommunication, des réseaux et des systèmes répartis [...] relative à la perturbation par des attaques ou des propagations d'erreurs via le réseau ;*
- *la sécurité des SI de nature personnelle, technique, bureautique ou administrative, relative à la divulgation d'informations confidentielles ou à la corruption de base de données »¹⁵⁸.*

La sécurité a pour objectif de préserver les systèmes numériques des actions malveillantes visant à en altérer la confidentialité, l'intégrité ou la disponibilité du système lui-même. Pour être efficace une solution de cybersécurité doit déployer des contremesures techniques et organisationnelles tout en restant à jour face à l'évolution des menaces.

¹⁵⁸ *Ibid.*

Techniquement une politique de sécurité repose sur la cryptographie¹⁵⁹, la stéganographie¹⁶⁰, la biométrie¹⁶¹, l'ingénierie de sécurité dans les architectures et les protocoles réseaux. **Le facteur humain est primordial pour renforcer la sécurité des écosystèmes numériques.**

Malgré l'importance de ces enjeux, une étude récente¹⁶² révèle que « 23 % des entreprises ont récemment échoué à un audit de sécurité, tandis que 17 % doutent de leur capacité à réussir un audit de conformité des échanges de données. [...] L'enquête ajoute ainsi que **le coût total moyen d'une atteinte à l'intégrité des données s'élèverait à 2,4 millions d'euros** »¹⁶³.

De plus, d'après la consultation menée par la Commission Européenne à l'occasion de la directive NIS (*Network and Information Security*, cf. *infra*), 93 % des grandes entreprises ont connu une cyberattaque en 2012¹⁶⁴. La valeur économique pillée par la cybercriminalité en 2013 représenterait 190 Mds€¹⁶⁵.

¹⁵⁹ Protection des messages utilisant des clés pour assurer la confidentialité, l'authenticité et l'intégrité des données échangées.

¹⁶⁰ Dissimulation d'un message dans un autre message.

¹⁶¹ Technique de mesure du vivant à des fins de reconnaissance, d'authentification et d'identification.

¹⁶² Ovum pour Axway, *Gouvernance, sécurité et conformité : impact sur les stratégies d'intégration IT*, octobre 2014.

¹⁶³ « Sécurité des données : les entreprises récoltent une mauvaise note », *expoprotection.com*, 10 décembre 2014.

¹⁶⁴ « Une nouvelle directive européenne sur la cybersécurité », *Les Echos*, 14 mars 2014.

¹⁶⁵ Philippe Richard, « Le boom de l'espionnage industriel », *Paritech Review*, octobre 2014.

Au-delà de l'objectif de confiance, un dispositif de sécurité numérique doit préserver les infrastructures critiques

Le rapport de la commission SARK¹⁶⁶, établie par le ministère suédois de la Défense entre 1977 et 1979 sur la vulnérabilité de la société informatisée, évoquait déjà la nécessité de prendre en compte les risques inhérents à la numérisation des activités économiques et sociales. L'intuition majeure de ce rapport reste d'actualité : « *l'insécurité des systèmes d'information n'entraîne pas seulement des effets au niveau de ces systèmes eux-mêmes [mais] est susceptible d'avoir des effets directs et indirects immenses puisque l'ensemble des activités économiques, sociales (et progressivement domestiques) reposent sur ces systèmes* »¹⁶⁷.

Ainsi, les réseaux numériques les plus importants peuvent aujourd'hui être considérés comme des infrastructures vitales pour la collectivité. Dès 2005, la Commission européenne considérait que le secteur de l'information et des technologies de communication comptait sept des 37 types d'infrastructures critiques¹⁶⁸.

En France, la protection des infrastructures vitales est organisée par l'article 1332-1 du Code de la défense qui concerne explicitement les opérateurs publics et privés. Le secteur « communication électroniques, audiovisuel et information » est un des douze secteurs d'activités d'importance vitale fixé par l'arrêté du 2 juin 2006. La directive nationale de sécurité (DNS) encadre et fixe les obligations

¹⁶⁶ *The Vulnerability of the Computerised Society : Considerations and Proposals, Report of the SARK Committee, 1979.*

¹⁶⁷ « La protection des réseaux numériques en tant qu'infrastructures vitales », *Sécurité et Stratégie*, 2011.

¹⁶⁸ Commission européenne, *Livre vert relatif au programme européen de protection des infrastructures critiques*, novembre 2005.

de sécurité propres à la protection du secteur des infrastructures numériques et à chacun de ses sous-secteurs. Tout opérateur de réseaux ou de services numériques doit respecter un niveau suffisant de sécurité pour ne pas contribuer à l'affaiblissement de celle des autres : certaines dispositions liées à la sécurité doivent donc concerner l'ensemble des opérateurs et non seulement ceux en charge des infrastructures critiques du secteur.

Les menaces numériques sont multiformes et tous les acteurs sont concernés :

- les États et les acteurs qui ont la responsabilité de gérer des infrastructures vitales ;
- les entreprises dont le niveau de dépendance aux technologies de l'information est de plus en plus prégnant ;
- les individus qui doivent pouvoir s'ils le souhaitent préserver leurs données personnelles.

La sécurité de l'écosystème numérique est un facteur déterminant de son développement car elle garantit la confiance des acteurs et peut réduire les pertes économiques dues aux actes de cybercriminalité.

La directive Network and Information Security (NIS) renforce le cadre de gestion des risques inhérents à la sécurité numérique

En 2014, les députés européens ont adopté une nouvelle directive sur la cybersécurité. Baptisée **NIS (Network and Information Security)**, elle a pour vocation « *d'accroître la sécurité de l'Internet*

et des réseaux et systèmes sur lesquels reposent les services dont dépend le fonctionnement de notre société et de nos économies »¹⁶⁹.

La directive NIS introduit **l'obligation de déclaration des attaques informatiques par les entreprises qui en sont victimes**, afin de prévenir les consommateurs d'une éventuelle fuite de données les concernant et d'informer les autres entreprises afin qu'elles prennent des mesures préventives. La Commission demande ainsi aux États membres de renforcer leur niveau de préparation et leur coopération mutuelle, et aux « *opérateurs d'infrastructures critiques telles que les réseaux d'énergie et de transports et aux principaux prestataires de services de la société de l'information (plateformes de commerce électronique, réseaux sociaux, etc.) ainsi qu'aux administrations publiques d'adopter les mesures appropriées pour gérer les risques de sécurité et signaler les incidents graves aux autorités nationales compétentes* »¹⁷⁰.

Le projet de directive européenne imposait cette obligation de déclaration aux fournisseurs de services Internet critiques, que la fuite de données soit avérée ou pas. L'obligation se serait donc appliquée aux géants du Web tels que Google, Amazon, eBay ou Skype. Toutefois, des amendements ont été apportés à ce projet lors de l'analyse du texte par le Parlement européen le 7 mars 2014 et les prestataires de services de la société de l'information ont finalement été exclus du périmètre. Ces sociétés restent toutefois libres de signaler leurs incidents.

¹⁶⁹ Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de sécurité des réseaux et de l'information dans l'Union, n° 2013/0027, 7 décembre 2013.

¹⁷⁰ *Ibid.*

En France, la directive NIS pourrait étendre certaines obligations aux autres acteurs d'Internet, par exemple l'obligation de notifier les cyberattaques à l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI). Autrement dit, le numérique serait considéré comme un secteur aussi critique que les transports ou l'énergie.

3.2. Les atouts de la France pour devenir un champion de l'Internet du Tout connecté

3.2.1. Des pouvoirs publics conscients de la nécessité d'une politique dédiée

Les gouvernements qui se sont succédés depuis la fin des années 2000 se sont peu à peu dotés d'instruments permettant de répondre aux enjeux de la révolution numérique.

L'expression « économie numérique » apparaît en 2008 dans l'intitulé des portefeuilles ministériels et les attributions des ministres, avec la création, auprès du Premier ministre, d'un poste de secrétaire d'État chargé de la prospective, de l'évaluation des politiques publiques et du développement de l'économie numérique. Depuis, **le numérique a toujours été présenté comme une politique publique à part entière mais n'a jamais été véritablement porté au niveau interministériel, alors que cette politique doit par essence être globale et transverse.**

Plusieurs initiatives soulignent l'action continue des gouvernements successifs. Créée en février 2011, la **Direction interministérielle des systèmes d'information** (DISIC, intégrée en octobre 2012 au Secrétariat général pour la modernisation de l'action publique ou

SGMAP) a pour ambition de décloisonner les systèmes d'information et de communication de l'État et de diffuser une certaine culture du numérique.

De plus, en avril 2011, le gouvernement créait le premier **Conseil national du numérique** (CNNum), une commission consultative indépendante, chargé de formuler des avis publics sur toutes les questions relatives à l'impact du numérique sur la société et sur l'économie, missions redéfinies et étendues en décembre 2012. Le CNNum organise ainsi des concertations régulières, au niveau national et territorial, avec les élus, la société civile et le monde économique.

En septembre 2013, le gouvernement lançait la « **Nouvelle France industrielle** » et ses 34 plans de reconquête. Le Big data et les objets connectés font partie des axes stratégiques identifiés pour renforcer la place de la France dans ces domaines et soutenir l'expertise française au travers des startups, des PME et des grands groupes impliqués. Le projet Nouvelle France industrielle porte au cœur de plusieurs D'autres plans ont un lien direct avec le numérique, comme « réseaux électriques intelligent », « santé numérique », « *cloud computing* » ou encore « cybersécurité ».

Enfin, la France fait figure de bon élève dans le domaine de l'**ouverture des données**. L'Open Knowledge Foundation (OKF) vient de publier les résultats 2014 de son classement mondial « *Open data Index* » : la France y est classée troisième et gagne ainsi plus de douze places par rapport à la précédente édition, enregistrant ainsi l'une des plus fortes progressions au sein des pays de l'OCDE. Ce résultat traduit l'engagement de la France en matière d'ouverture des données publiques. Au cours de l'année écoulée, plusieurs

données d'importance ont ainsi été ouvertes : les bases juridiques de la DILA (base LEGI), certaines données géographiques de l'IGN (France Raster v4), l'ensemble des résultats électoraux par le ministère de l'Intérieur ou encore la base officielle des codes postaux par La Poste.

Par le décret du 16 septembre 2014, la France s'est dotée d'un **administrateur général des données** (équivalent du *chief data officer* ou CDP anglais). C'est la première fois en Europe qu'une telle fonction de CDO est créée au niveau national. Placée sous l'autorité du Premier ministre, cette nouvelle mission a été confiée à Henri Verdier, également directeur d'Etalab, la mission du SGMAP chargée de l'ouverture des données publiques.

Dernier exemple en date d'une prise de conscience gouvernementale des enjeux du numérique, l'**Agence du numérique** a été créé le 3 février 2015 sous la forme d'un service à compétence nationale rattaché à la Direction générale des entreprises et organisé autour de trois pôles¹⁷¹ :

- « la mise en œuvre du plan « **France très haut débit** », reprenant et amplifiant des actions de la « Mission très haut débit » ;
- la coordination du programme **French Tech** qui vise à mettre en avant les startups françaises à l'étranger ou au travers de regroupements locaux ;

¹⁷¹ Décret n° 2015-113 du 3 février 2015 portant création d'un service compétence nationale dénommé « Agence du numérique ».

- le déploiement **d'usages de proximité à l'intention des citoyens** dans les territoires, construit autour des forces de l'actuelle délégation aux usages de l'internet (DUI) »¹⁷².

Le principal handicap de cette agence, outre ses ressources limitées, sera de ne pas être rattachée directement au Premier ministre et donc interministérielle, mais simplement au ministère de l'Économie, malgré sa thématique très transversale. L'Agence du numérique devra coordonner son action avec de nombreuses institutions telles que la Caisse des dépôts, Bpifrance, le Conseil national du numérique, le régulateur des télécoms Arcep et surtout les autres administrations.

Si des initiatives et des outils existent en France pour mener une politique publique du numérique qui pourrait accompagner l'essor du Big data et de l'Internet des objets, on constate aujourd'hui deux limites importantes :

- **une certaine dispersion des moyens et des initiatives ;**
- **la faiblesse récurrente de positionnement du secrétariat d'État chargé du Numérique** au regard de la réalité du jeu institutionnel de la V^e République.

La puissance publique doit favoriser la culture de l'expérimentation, en facilitant les investissements et en conciliant libertés et droit d'innovation. Ce n'est qu'au prix d'une plus grande transversalité entre les ministères et d'un repositionnement des enjeux numériques au cœur de toutes les politiques publiques que la France se saisira des opportunités de *l'Internet of Everything*.

¹⁷² Assemblée nationale, question n° 61174 de M. Lionel Tardy à la Secrétaire d'État au numérique, réponse publiée au Journal officiel le 16 décembre 2014.

3.2.2. Une forte culture des tiers de confiance

Quels sont les acteurs de la nouvelle chaîne de valeur de la data ?

La chaîne de valeur des données s'organise entre producteurs, agrégateurs et utilisateurs de données. Le marché de la donnée continuera à faire en outre émerger de nouveaux métiers et les nouveaux usages et services de la donnée auront besoin de l'infrastructure Big data.

Comme le rapporte Ernst&Young, « *le marché devrait donc évoluer vers une séparation entre la data et son utilisation, une évolution qui aurait le triple avantage d'apporter une réponse à un marché qui évoluerait vers un monopole naturel, à l'enjeu des données nominatives collectées/ échangées et de libérer tout le potentiel de la donnée en matière d'innovation* »¹⁷³.

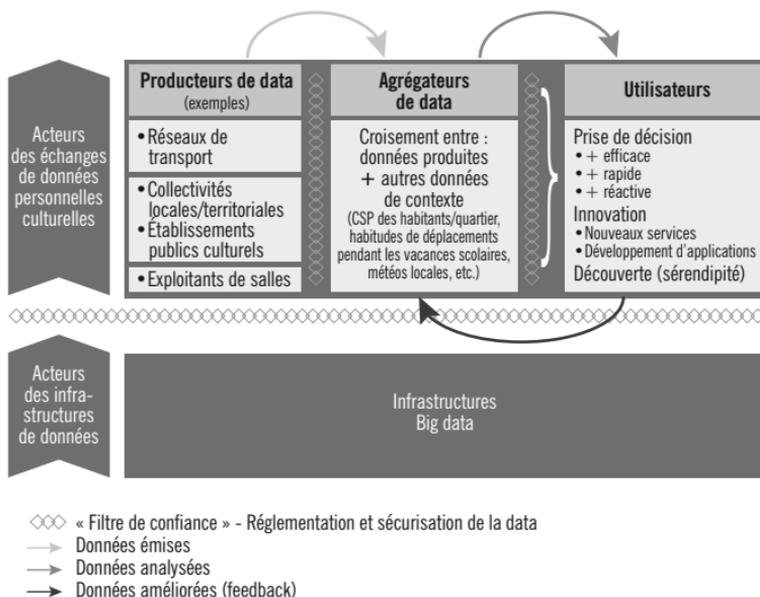
La figure 19 décrit les acteurs de cette nouvelle chaîne de valeur :

- les producteurs de données ;
- les agrégateurs qui exploitent et contextualisent les données à des fins d'analyse ;
- les utilisateurs de données qui développent de nouveaux services et usages ;
- les opérateurs et les gestionnaires d'infrastructures ;

¹⁷³ Ernst&Young, *Comportements culturels et données personnelles au cœur du Big data*, 2013.

- les tiers de confiance qui s'assurent du maintien de l'intégrité et de la qualité des données, de la collecte à l'utilisation.

Figure 19 : Les acteurs de la nouvelle chaîne de valeur de la data



Source : *Comportements culturels et données personnelles au cœur du Big data, Op. cit.*

La France dispose d'un terrain propice au développement de la fonction de tiers de confiance numérique

Juridiquement, le tiers de confiance est un organisme habilité à mettre en œuvre des signatures électroniques. Cette appellation récente est utilisée dans différents domaines comme l'échange de biens ou d'informations sur Internet ou encore les déclarations fiscales.

En France, la notion de tiers de confiance est issue de la loi du 29 décembre 1990, depuis abrogée. Malgré cette absence de définition juridique stricte, il existe une Fédération des tiers de confiance (FNTC) qui réunit les acteurs intéressés en France et à l'étranger. Créée en 2001 en France afin de structurer les échanges numériques, elle se donne pour ambition d'étendre son action au niveau international avec l'ensemble des acteurs qui souhaitent développer la confiance dans le numérique.

La FNTC donne la définition suivante du tiers de confiance numérique (TCN) : « *le tiers de confiance numérique est un acteur du développement de la confiance dans le monde numérique. Il intervient dans la protection de l'identité, des documents, des transactions et de la mémoire numérique. Il **engage sa responsabilité juridique** dans les opérations qu'il effectue pour le compte de son client. Le TCN respecte une **stricte confidentialité** et garantit son **interopérabilité** avec les autres Tiers de Confiance Numérique. Il doit démontrer sa capacité de **continuité de service** au-delà de sa propre existence en garantissant la réversibilité de ses services [...]* »¹⁷⁴.

La France est l'État européen où ce concept de garant des flux et de l'utilisation de données aurait le plus de chance de se développer. En effet, l'existence d'un secteur public fort, le maintien d'entreprises « publiques » (ERDF, La Poste, EDF, etc.), la tradition de la centralisation et d'entreprises privées habituées à collaborer avec une sphère étatique forte sont des atouts pour le développement de ce concept élargi à tout l'écosystème du Big data et des objets connectés.

¹⁷⁴ Site Internet de la FNTC.

Le tiers de confiance pourrait ainsi jouer un rôle de garant éthique dans la collecte et l'utilisation appropriée des données individuelles. Certaines API pourraient faire reposer la bonne utilisation des données sur ce tiers. La **confiance numérique** résulterait de l'intervention généralisée de ces tiers ; **la dynamique nouvelle de France Connect¹⁷⁵ illustre particulièrement bien ce propos.**

Dans un domaine sensible comme celui de la santé, le tiers de confiance pourrait effectuer des traitements algorithmiques pour le compte d'organismes divers en n'informant que d'une façon limitée certaines parties tout en informant complètement l'individu concerné. Cela permettrait d'accroître sensiblement la fréquence d'exams médicaux *via* des capteurs numériques, et renforçant l'évaluation de risques de défaillance.

3.2.3. Des startups créatives qui peuvent être accompagnées par des champions industriels

Depuis cinq ans déjà, les objets connectés *made in France* se font remarquer bien au-delà des frontières de l'Hexagone et signent le **retour marqué des Français dans le *hardware*¹⁷⁶ et la *high-tech*.**

Pour s'en convaincre, il suffit d'observer ce qui se passe depuis deux ans au grand événement mondial de l'électronique grand public, **le Consumer Electronics Show (CES) de Las Vegas**. Les entreprises françaises, réunies sous la bannière « French Tech », ont constitué

¹⁷⁵ Dispositif d'authentification et identification numérique unique pour les différentes administrations, le projet France Connect est en cours de développement dans le cadre des travaux menés par le SGMAP et la Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication (DISIC).

¹⁷⁶ « Objets connectés : la deuxième révolution de l'Internet », *Le nouvel économiste*, 30 octobre 2013.

la délégation européenne la plus importante, loin devant l'Angleterre et l'Allemagne, et la cinquième plus importante au niveau mondial derrière la Chine, les États-Unis, Taiwan et la Corée du Sud.

En 2015, ce sont ainsi 120 entreprises françaises qui ont fait le voyage pour le CES, en hausse de 33 % par rapport à 2014. Étaient présentes de grandes entreprises comme La Poste, L'Oréal, Pernod Ricard ou Valeo, des startups déjà connues comme Withings, Netatmo ou Parrot ainsi que 66 startups émergentes qui représentaient près d'une startup sur quatre de l'Eureka park, l'espace qui leur est dédié. Mieux, sur les 70 innovations présentées en ouverture du CES 2014, 10 étaient françaises, et 14 objets connectés français ont été primés (cf. figure 20). Certains médias étrangers, comme le site Yahoo!¹⁷⁷, ont ainsi désigné la France comme la révélation de cette édition.

Les startups françaises commencent à se faire une place sur le marché naissant des objets connectés, y compris à l'international. Par exemple, sur les douze objets connectés les plus vendus aux États-Unis sur l'Apple Store, cinq sont français¹⁷⁸.

¹⁷⁷ « France is absolutely crushing it at CES », site de Yahoo ! Tech, 5 janvier 2015.

¹⁷⁸ « La French Tech : une ambition collective pour les startups françaises », site du gouvernement, 30 janvier 2015.

Figure 20 : Entreprises françaises des objets connectés présentes au CES 2015

Récompense	Entreprise	Dirigeant	Objet
CES Innovation Award 2015	Cityzen Sciences	Jean-Luc Errant	Digital Shirt Smoozi : vêtement de sport connecté
	Giroptic	Richard Ollier	360Cam : première camera Ultra HD capable de filmer à 360°
	Guillemot	Guillemot	Hercules DJControl Jogvision : platine de mixage pour DJ Haut-parleur bluetooth
	Withings	Eric Careel	Withings Activité : montre analogique capteur d'activité Withings Home : caméra HD intégrant des capteurs mesure de l'environnement
	Lima Technologies	Séverin Marcombes	Lima : premier boîtier permettant de sauvegarder ses documents depuis tous les appareils
	Voxtok	Joël Reboul	Audio Capsule : lecteur et serveur de musique haut de gamme
	Myfox	Jean-Marc Prunet	Myfox Security System : centrale d'alarme et ses détecteurs d'intrusion
	Parrot	Henri Seydoux	Autoradio autonome connecté RNB6 Zik Sport : casque sans fil Flower power valve : assistant de jardinage
	Netatmo	Fred Potter	Welcome : caméra infrarouge qui reconnaît les visages

III. LA FRANCE DISPOSE D'ATOUTS IMPORTANTS POUR SAISIR LES OPPORTUNITÉS OFFERTES PAR L'INTERNET OF EVERYTHING

Récompense	Entreprise	Dirigeant	Objet
CES Innovation Award 2014	Awox	Alain Molinié	AwoX StriimLIGHT WiFi : ampoule musicale wifi
	Sen.se	Rafi Haladjian	Mother : plateforme d'objets connectés
	Medissimo	Caroline Blochet	Imedipac : pilulier connecté
	Beewi	Thierry Dechatre	Casque sans fil
	Netatmo	Fred Potter	Thermostat connecté

Source : Site Internet de la French Tech.

L'innovation des startups françaises dans le domaine des objets connectés est favorisée par au moins trois facteurs.

Tout d'abord, **le marché français des télécoms** a fourni, depuis une dizaine d'années, **un terrain propice** au foisonnement de l'écosystème des objets connectés. Avec la Freebox et la Livebox (développée pour Orange par Inventel), la France a créé au début des années 2000 les premiers objets connectés, permettant également de les relier au wifi. La première génération d'entrepreneurs de l'économie numérique française est à l'origine de certains grands succès actuels comme Withings (fondé par Eric Careel, à l'origine d'Inventel) ou Netatmo (fondé par Fred Potter, créateur de Cirpak, un fournisseur d'équipements de téléphonie par ADSL).

Ensuite, c'est **la combinaison unique de deux filières d'excellence française, l'ingénierie et le design**, qui permet à des objets technologiquement complexes de séduire et d'entrer simplement dans le quotidien de leurs utilisateurs. Stéphane Distinguin, président du pôle de compétitivité Cap Digital note que « *des entreprises comme*

*Parrot, Withings et Netatmo imaginent, conçoivent et fabriquent des produits à la fois intelligents, esthétiquement réussis et très bien réalisés, et qui intègrent très tôt le design »¹⁷⁹. Le design des objets connectés est ainsi fréquemment sous-traité à des cabinets spécialisés qui prennent part à la conception, car pour qu'un objet connecté soit réussi, il est souvent nécessaire de tout concevoir en même temps : l'objet, le service, le *cloud* et l'interface.*

L'initiative French Tech n'est pas non plus étrangère à cette effervescence : créée en 2013, cette plateforme a réussi en deux ans à fédérer sous sa marque l'ensemble des startups françaises du numérique et à s'en faire l'ambassadeur, comme par exemple lors du CES où le ministre de l'Economie en personne est venu défendre les atouts des entreprises françaises, notamment auprès des fonds de capital-risque.

Focus sur l'Initiative French Tech

Afin de favoriser en France l'émergence de startups à succès pour générer de la valeur économique et des emplois, le gouvernement a créé l'Initiative French Tech fin 2013 et lui a assigné trois objectifs principaux :

- **Fédérer** : la marque « French Tech » est aussi associée à une démarche de labellisation d'écosystèmes remarquables en régions, appelés « métropoles French Tech ». Le 12 novembre 2014, neuf écosystèmes en région ont ainsi obtenu le label et constituent, avec Paris, le grand réseau national de l'écosystème

¹⁷⁹ « Quand la « french touch » désigne les objets connectés », *L'Usine digitale*, 9 décembre 2014.

French Tech : Aix-Marseille, Bordeaux, Grenoble, Lille, Lyon, Montpellier, Nantes, Rennes et Toulouse ;

- **Accélérer** : un fonds d'investissement de 200 millions d'euros cofinancera à partir de 2015 des accélérateurs privés de startups ;
- **Rayonner** : 15 millions d'euros seront investis à partir de 2015 pour renforcer l'attractivité de la French Tech à l'international.

L'initiative French Tech est pilotée par la Mission French Tech au sein du ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, en partenariat avec la direction générale des Entreprises (DGE), la direction générale du Trésor, le ministère des Affaires étrangères et du Développement international, le Groupe Caisse des Dépôts, Bpifrance et Business France (fusion Ubifrance-AFII). Les financements de la French Tech s'inscrivent dans le cadre des Investissements d'avenir.

En 2015, la French Tech devrait poursuivre sa dynamique avec plusieurs initiatives :

- une charte « grands groupes » pour que ces derniers accompagnent les startups à l'international, les financent, les incubent, ou encore mènent avec elles des projets de recherche ;
- la constitution de French Tech Hubs, une extension des métropoles French Tech à l'étranger ;

- le lancement d'une plateforme d'attractivité internationale, doté de 15 millions d'euros et destinée à renforcer la visibilité de la French Tech à l'étranger ;
- la création des French Tech Tickets pour favoriser l'intégration d'entrepreneurs étrangers en France.

Source : site Internet de la French Tech.

Outre les fabricants d'objets connectés, la France dispose également de nombreuses « pépites » spécialistes des systèmes et logiciels embarqués et des réseaux nécessaires à la connexion des objets. Parmi ces entreprises, on peut citer :

- Sigfox : technologique de connectivité cellulaire bas débit, basse consommation, particulièrement adaptée à l'Internet des Objets (levée de fonds de 15 M€ en 2014) ;
- Oledcomm : technologie Li-Fi, qui exploite la lumière des éclairages LED pour transmettre sans fil des données (levée de fonds de 5 M€ en 2014) ;
- Inside secure : sécurité embarquée des mobiles et objets connectés (introduction en Bourse en 2012) ;
- Crocus technology : microcontrôleurs sécurisés pour les objets connectés (levée de fonds de 34 M€ en 2013) ;
- Movea : solution de détection de mouvements (levée de fonds de 6,5 M€ en 2012).

De plus, un certain nombre de grandes entreprises françaises ont connu leurs premiers succès dans les objets connectés et le Big data :

- Gemalto, entré au CAC40 en 2012 et spécialiste de la sécurité numérique et des cartes à puce, réalise déjà près de 10 % de son chiffre d'affaires grâce à la sécurisation des objets connectés. Son président Olivier Piou note que c'est « *Apple, avec l'iPad, qui a facilité les usages et favorisé cette nouvelle offre. À Gemalto, à présent, de sécuriser cet environnement* »¹⁸⁰, un vaste champ qui couvre des domaines aussi divers que la santé connectée, la voiture la sécurisation du domicile, le paiement sans contact ou la protection des données personnelles ;
- Dassault Systèmes dispose de nombreux atouts pour réussir dans ce domaine. *Leader* des logiciels de gestion des cycles de vie des produits, l'entreprise fournit des outils de conception d'objets et d'impression 3D qui permettent d'accélérer le cycle d'innovation des produits et de mieux intégrer l'ingénierie et le design dans la conception de nouveaux objets. En septembre 2014, Dassault Systèmes a ainsi lancé un concours de design d'objets connectés : la « Cup of IoT contest ». Enfin, Dassault Système est également un acteur important du Big Data, au travers notamment de sa filiale de moteur de recherche Exalead ;
- Orange ne cache pas non plus son ambition dans les objets connectés. Après avoir lancé son offensive dans la domotique avec Homelive en 2014, l'opérateur veut mettre les objets connectés au cœur de son nouveau « plan stratégique ambition 2020 »¹⁸¹.

¹⁸⁰ « Gemalto surfe sur la vague des objets connectés », *Le Figaro*, 29 août 2013.

¹⁸¹ « Orange en 2020 : pleins feux sur les startups et objets connectés », *La Tribune*, 14 janvier 2015.

Dans ce plan, Orange compte développer son offre de distributeur et d'agrégateur, et envisage de développer ses propres objets notamment dans le secteur de la santé. Orange est déjà très actif dans l'accompagnement des startups, au travers de son programme Orange Fab qui a déjà guidé 70 startups depuis 2013 ou *via* son fond de capital-risque de 300 M€, commun à Publicis et géré par Iris Capital ;

- enfin, STMicroelectronics est devenu l'un des tous premiers fabricants mondiaux des composants nécessaires aux objets connectés : micro-contrôleurs, capteurs de son, d'images, de mouvements, gyroscope, thermomètre, accélérateurs et composants de communication (RFID, wifi, NFC). Les accéléromètres et les GPS de la société sont ainsi présents dans un grand nombre de smartphones : ses capteurs sont par exemple intégrés dans les bracelets d'activité Fitbit, les thermostats Nest, les stations météo Netatmo ou l'objet Mother de Sen.se.

Cet écosystème français innovant et dynamique a cependant deux faiblesses qui devront être surmontées pour consolider les premiers succès : la disponibilité des financements destinées au développement des startups, et le renforcement du lien entre startups, entreprises de taille intermédiaire (ETI) et grandes entreprises, afin de permettre aux plus petites de croître et de s'internationaliser.

3.2.4. Des écoles de formation reconnues et une expertise dans certains domaines clefs

Le savoir-faire français dans des technologies permettant d'assurer la confiance autour des données

L'essor de l'Internet des objets a des conséquences importantes sur la demande en main-d'œuvre formée à des champs très spécifiques

de l'enseignement supérieur, comme les réseaux et le Big data. Plus largement, c'est la formation dans tous les domaines de l'informatique qui est en cause : par exemple, **les enjeux liés à la confiance et à la sécurité sont centraux** pour l'utilisation des objets connectés.

L'absence de garanties quant à la protection des données personnelles est un frein à l'adhésion du public aux technologies de l'Internet des objets. Pourtant, des solutions techniques **existent pour obtenir des garanties sur les programmes** utilisés par les composants de l'Internet des objets **ainsi que sur les données** qu'ils produisent ou échangent. **Un utilisateur est d'autant plus à même d'adhérer à l'Internet des objets qu'il sait précisément ce que feront les programmes impliqués**, entre autres vis-à-vis de ses données. Définir et communiquer les spécifications précises des programmes, puis garantir que ces programmes respectent bien lesdites spécifications est un enjeu majeur de confiance.

Trois exemples permettent d'appréhender l'importance de l'informatique pour le développement de l'Internet des objets :

- **la cryptologie** permet de garantir la confidentialité et l'intégrité d'une donnée, la protection de son stockage et l'authentification des agents communicants¹⁸². Elle garantit en particulier la non-exploitation de données interceptées. Bien que des techniques robustes de cryptologie et d'authentification sécurisée existent, nombre de systèmes ne prennent pas la peine de crypter les échanges de données ;

¹⁸² « Cryptologie », site Internet du Secrétariat général de la défense nationale, consulté le 19 janvier 2015.

- **la *differential privacy*** vise à **garantir la confidentialité** des données privées (informations sensibles d'un individu) lors de **l'exploitation d'une base de données à des fins statistiques**. Des techniques probabilistes et des systèmes de bruitage contrôlés permettent d'extraire des informations statistiques fiables sur un ensemble de données sans pouvoir en déduire des informations individuelles ;
- **les méthodes formelles** appliquent des logiques mathématiques à des programmes informatiques ou du matériel électronique et permettent ainsi de **garantir qu'un programme se comporte de la manière à laquelle on s'attend**.¹⁸³ Parmi ces méthodes se trouvent le *model checking*, la vérification déductive, l'analyse statique et le typage. Ces solutions sont aujourd'hui efficacement employées dans les transports (notamment l'avionique et l'aéronautique), gros consommateurs de programmes embarqués, afin de garantir par exemple la sécurité des passagers. Les méthodes formelles seront cruciales pour la fiabilité des systèmes de l'Internet des objets et pour la confiance qu'on leur accordera. Les entreprises françaises sont très en pointe sur ces domaines : on peut citer notamment Adacore, Prove and Run, Systerel, ClearSy mais aussi Gemalto et AbsInt.

Deux exemples soulignant l'importance de la *differential privacy*

Les solutions proposées par la *differential privacy*, qui offre une forme de protection des données individuelles dans un ensemble statistique plus large, sont encore peu adoptées dans l'industrie. Or, deux échecs notoires et devenus célèbres ont rappelé la nécessité de soutenir la recherche en *differential privacy*. Dans

¹⁸³ « Méthode formelle (informatique) », site de Wikipedia, consulté le 19 janvier 2015.

ces exemples, des chercheurs ont prouvé qu'ils pouvaient identifier des données personnelles en recoupant deux bases de données indépendantes (*linkage attacks*) :

- Latanya Sweeney¹⁸⁴ est parvenue, en croisant les registres de votes et la base de données de la Group Insurance Commission (GIC), contenant la date de naissance, le sexe et le code postal de chaque patient, à identifier le dossier médical du gouverneur du Massachusetts¹⁸⁵ ;
- dans le cadre d'un concours visant à améliorer son système de recommandation de vidéos, la compagnie Netflix avait mis en 2007 une partie de sa base de données utilisateurs à disposition de développeurs. Netflix avait pris soin d'en retirer toutes les informations personnelles permettant d'identifier les utilisateurs. Cependant, deux chercheurs à l'université du Texas sont parvenus à « désanonymiser » cette base en la croisant avec celle de l'IMDB (Internet movie database) pour les utilisateurs communs aux deux sites¹⁸⁶.

Cependant, des entreprises comme Microsoft ne s'y trompent pas et s'intéressent de très près à la *differential privacy*, en finançant des projets de recherche spécifiquement dédiés à l'amélioration des techniques de protection des données personnelles¹⁸⁷.

¹⁸⁴ Latanya Sweeney, directrice du Data privacy Lab à l'Institut des sciences sociales qualitatives (IQSS) de Harvard. Voir notamment : Latanya Sweeney, « Simple Demographics Often Identify People Uniquely », Carnegie Mellon University, *Data Privacy Working Paper*, n° 3, 2000.

¹⁸⁵ « Differential privacy », site Internet de Wikipedia, consulté le 29 janvier 2015.

¹⁸⁶ « Netflix prize », site Internet de Wikipedia, consulté le 29 janvier 2015.

¹⁸⁷ Voir notamment à ce sujet : « Database privacy projet » sur <http://research.microsoft.com>.

L'Internet des objets apparaît donc comme un nouvel enjeu pour un grand nombre de domaines informatiques, plutôt qu'un nouveau domaine spécifique dont l'importance croissante serait en train d'effacer les autres. **Or, la France dispose d'écoles de formation reconnues en mathématiques et d'une forte expertise dans certains domaines comme la sécurité ou la normalisation.**

Une forte demande pour les compétences scientifiques et techniques

Selon une enquête réalisée par Pôle Emploi en 2014¹⁸⁸, la catégorie de métiers « Ingénieurs, cadres études et R&D informatique » est celle qui affiche les plus fortes difficultés de recrutement. Les employeurs déclarent que les candidats pour ces métiers n'ont pas le profil recherché. Cette étude rappelle la réalité de la **pénurie de compétences** en informatique et pose plus généralement la **question de l'attractivité des formations techniques pointues.**

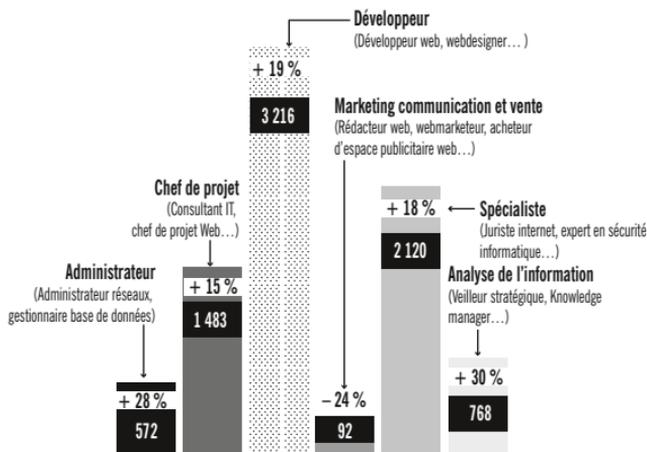
Ce constat a été renforcé par un récent baromètre consacré aux métiers du numérique¹⁸⁹ selon lequel, au cours du dernier trimestre 2014, **le numérique a représenté plus de 10 000 offres d'emploi dont près de 40 % concernent des métiers de développeur informatique.** Le volume d'offres demandant des compétences informatiques et scientifiques a crû très fortement, mais « *le volume de candidat n'augmente pas suffisamment vite, ce qui accroît les tensions sur le marché du recrutement* »¹⁹⁰.

¹⁸⁸ Pôle Emploi, *Enquête Besoins en Main-d'œuvre*, avril 2014.

¹⁸⁹ Cap Digital et Multiposting, *Baromètre des métiers du numérique*, 29 janvier 2015.

¹⁹⁰ *Ibid.*

Figure 21 : Nombre d'offres par métier sur le 4^e trimestre 2014 et augmentation entre le 4^e trimestre 2013 et le 4^e trimestre 2014



Source : Cap Digital et Multiposting, *Op.cit.*

Il est important que la France augmente ses efforts dans ce domaine et anticipe la croissance des besoins à venir dans l'économie du numérique. À ce titre, on ne peut qu'encourager les initiatives telles que l'École 42, une école d'informatique gratuite créée et financée par Xavier Niel, ouverte à l'automne 2013¹⁹¹. L'introduction de l'informatique comme matière et spécialité dans les nouveaux programmes de lycée depuis la rentrée 2012 et le renforcement de l'informatique en classes préparatoires représentent également une avancée.

¹⁹¹ Pour plus d'informations, voir : www.42.fr

Cependant, d'autres étapes doivent être franchies, à l'instar du Royaume-Uni qui a introduit l'informatique dans les programmes scolaires dès l'âge de 5 ans, depuis septembre 2014. Notons que dès 14 ans, l'un des objectifs majeurs des programmes est de « *comprendre comment les changements technologiques affectent la sécurité, notamment les nouvelles façons de protéger [son] identité et [sa] vie personnelle en ligne, et comment répondre à plusieurs enjeux* »¹⁹², ce qui rejoint les défis de l'Internet des objets mentionnés plus haut.

La dialectique entre formation et orientation, d'une part, et l'attractivité des études scientifiques dans le parcours scolaire et universitaire, d'autre part, est centrale en France. Le système éducatif français fait face à une **désaffection et des problèmes d'orientations dans le domaine scientifique**, tandis que **le doctorat reste sous-valorisé dans le secteur privé**¹⁹³.

Comment ouvrir et renforcer les formations en sciences ? L'initiative US2020

L'initiative US2020 est un programme de mentorat dont l'objectif est de développer l'intérêt des élèves américains, de la maternelle à l'université, pour **les STEM (acronyme de science, technology, engineering and maths)**. Elle s'inscrit dans une initiative plus large mise en place par la Maison-Blanche, intitulée STEM Americorps et lancée par Barack Obama lors de la White House

¹⁹² Traduction d'une citation de : Department for Education, *National curriculum in England: computing programmes of study*, septembre 2013.

¹⁹³ Claire Bonnard et Jean-François Giret, *Quelle attractivité pour les études scientifiques dans une société de la connaissance ?*, juin 2014.

Science Fair le 22 avril 2013¹⁹⁴. US2020 veut répondre au constat que **d'ici 2018, 1,2 million d'emplois dans les STEM verront le jour aux États-Unis, alors même que le nombre d'individus qualifiés pour les remplir sera insuffisant**. US2020 a bénéficié de l'expertise de l'incubateur Citizen Schools, une organisation sans but lucratif. Le projet a également pu voir le jour grâce à des porteurs de projets tels Chevron, Cisco, Cognizant, Raytheon, SanDisk et Tata Consultancy Services¹⁹⁵. Cisco s'est notamment engagé à ce que 20 % de ses employés offrent 20 heures ou plus de mentorat à US2020, d'ici 2020¹⁹⁶.

L'objectif général de l'initiative est de mobiliser, chaque année jusqu'en 2020, environ **1 million de tuteurs travaillant dans les domaines des STEM avec des élèves**, notamment issus de la diversité, afin de les intéresser et de leur faire connaître ces métiers. Plus de 80 % des élèves en collège qui bénéficient d'un mentorat sont intéressés à l'idée de travailler dans les STEM, alors que la moyenne nationale pour les élèves de *8th grade* (équivalent de la classe de quatrième) est inférieure à 30 %¹⁹⁷.

Par ailleurs, US2020 a été à l'origine d'une compétition récompensant les villes des États-Unis qui mettent en place des programmes auprès des étudiants les moins susceptibles (en fonction de leur sexe ou de leur origine) de s'impliquer dans ces sujets. Les villes de Allentown, Chicago, Indianapolis, Philadelphia, le

¹⁹⁴ Corporation for National & Community Service, *STEM Americorps*.

¹⁹⁵ Site Internet de l'initiative US2020.

¹⁹⁶ Citizen Schools, *US2020 Announces 7 Cities as Winners of its STEM Mentoring Competition at the White House Science Fair*, mai 2014.

¹⁹⁷ Site Internet de l'initiative US2020.

Research Triangle Park, San Francisco et Wichita ont gagné cette compétition et remporté 1 million de dollars afin de favoriser ce type d'initiative¹⁹⁸.

Quelles formations pour les « métiers de la donnée » ?

Mélange de mathématiciens et de développeurs, les *chiefs data officers* (CDO ou administrateurs des données) doivent surtout disposer d'une solide expérience managériale afin d'expliquer aux différentes divisions l'intérêt d'une gestion transversale des données. Une formation d'une année pourrait comprendre :

- des cours généraux sur les principes et les potentiels du Big data, favorisant l'émergence d'une culture de la donnée auprès des étudiants, encourageant l'innovation et donc l'expérimentation ;
- des matières dédiées aux moyens et aux objectifs des projets Big data : l'utilisation des données ouvertes (*open data*), et leur méthodologie de diffusion, ainsi que les techniques de visualisation des données (*dataviz*) répondant au besoin de comprendre et de communiquer simplement une information complexe pour améliorer la prise de décision ;
- une solide formation en mathématiques est indispensable : les statistiques mais aussi la topologie, qui permet d'analyser des phénomènes de corrélations dans de nombreuses séries de chiffres, sont les principales spécialités qui sous-tendent les calculs relevant du Big data ;

¹⁹⁸ *Ibid.*

- la maîtrise des langages C++ , Java (dans lequel est écrit Hadoop) ou Python (utilisé pour automatiser des tâches simples mais fastidieuses comme un script qui récupérerait la météo sur Internet), est indispensable. Une bonne maîtrise des environnements de données – architecture et fonctionnement des bases de données et des systèmes d'informations – est également nécessaire ;
- une dimension sociologique, permettant d'éclairer les futurs décideurs dans la création de projets complexes, par une étude qualitative des comportements humains ;
- une importante composante managériale : le rôle du CDO étant principalement de faire passer l'entreprise d'un modèle vertical à un modèle transversal, il doit avoir une culture très fine de ce que représente le fonctionnement d'une grande entreprise et doit exercer une sorte de « soft-power » pour parvenir à faire travailler ensemble des divisions souvent très autonomes, accéder à des données confidentielles et à haute valeur et rassurer les directeurs de division sur leurs rôles dans un univers aplati. Il doit être capable de convaincre plutôt que d'imposer, il aide également les différentes divisions à utiliser leurs propres données, ainsi que celles qui proviendraient d'autres divisions.

Ainsi, la formation de CDO doit être constituée d'un **équilibre entre compétences techniques et « business », incluant une dimension managériale responsable et une vision stratégique. Dans le même temps, le projet de règlement européen relatif à la protection des données personnelles pourrait généraliser le poste de délégué à la protection des données (*data protection officer* ou DPO).**

Le projet de règlement européen sur la protection des données

L'Union européenne prépare un projet de règlement pour se doter « *d'un cadre juridique plus solide et plus cohérent en matière de protection des données, assorti d'une application rigoureuse des règles, afin de permettre à l'économie numérique de se développer sur tout le marché intérieur et aux personnes physiques de maîtriser l'utilisation qui est faite des données les concernant, et de renforcer la sécurité juridique et pratique pour les opérateurs économiques et les pouvoirs publics* »¹⁹⁹.

La Commission européenne a ainsi publié en janvier 2012 un projet de règlement dont la discussion fait l'objet de ce processus législatif. Ce document rappelle que « *l'instauration d'un climat de confiance dans l'environnement en ligne est essentielle au développement économique. [...] S'il demeure satisfaisant en ce qui concerne ses objectifs et ses principes, le cadre juridique actuel n'a cependant pas permis d'éviter une fragmentation de la mise en œuvre de la protection des données à caractère personnel dans l'Union, une insécurité juridique et le sentiment, largement répandu dans le public, que des risques importants subsistent, notamment dans l'environnement en ligne* »²⁰⁰.

¹⁹⁹ Commission européenne, *Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (règlement général sur la protection des données)*, 25 janvier 2012.

²⁰⁰ *Ibid.*

Ce projet est récemment entré dans une phase de « trilogue » qui devrait aboutir d'ici la fin de l'année 2015. Le projet de règlement prévoit de nombreuses dispositions visant à donner aux citoyens davantage de contrôle sur leurs données personnelles tout en harmonisant les règles qui s'appliquent aux différents États membres. Parmi les avancées attendues, se trouvent notamment²⁰¹ :

- le renforcement du contrôle et de l'information autour de la diffusion de données personnelles de citoyens européens à des pays tiers ;
- l'établissement d'amendes importantes pour les entreprises qui enfreindraient les règles ;
- la création de nouvelles dispositions pour protéger les données sur Internet : droit à l'oubli numérique, droit à la portabilité des données, principe du consentement explicite au traitement des données, obligation d'utiliser un langage simple et clair pour présenter sa politique d'application du droit à la vie privée.

Si la France ne manque pas d'atouts pour mettre en place de telles formations, qu'il s'agisse de l'excellence de son enseignement ou de l'efficacité de sa pédagogie mêlant théorie et cas pratiques, des obstacles subsistent. Le plus important d'entre eux, et le plus difficile à surmonter, est sans doute une culture scientifique trop scolaire et peu transdisciplinaire.

²⁰¹ Site du Parlement européen, « Des règles plus strictes pour protéger les données personnelles à l'ère numérique », communiqué de presse, 12 mars 2014.

Comment se forme-t-on à la « data » en France ?

Responsables d'administrer et de faciliter un usage transversal des données partagées au sein d'une organisation, les CDO actuellement en poste ont souvent des parcours disparates. Aujourd'hui, **les formations portant sur les métiers du Big data, et notamment celui de CDO, ont commencé à émerger** dans les écoles d'ingénieurs, d'informatique et de commerce françaises.

L'Ensimag (Grenoble INP) et l'EMSI Grenoble (Grenoble École de Management) ont annoncé, en octobre 2013, la création d'une filière bac+6 commune, visant à produire des futurs *Data scientists* et *Data strategists*. Elle sera composée de cinq mois de cours et de dix mois de mission en entreprise avec, au programme, divers enseignements techniques et économiques.

Fin 2013, HEC Paris a lancé, avec l'appui du groupe IBM, « le premier cursus européen en Business Analytics dans une *business school* », une formation destinée aux étudiants de MBA visant à former des dirigeants et des consultants capables d'identifier les nouvelles opportunités de croissance liées à l'exploitation intelligente de la data. Télécom ParisTech va proposer à la prochaine rentrée un master spécialisé « Big Data : gestion et analyse des données massives » (BGD), permettant d'acquérir un socle de connaissances techniques (informatique et *machine learning*) et du business conduisant à un projet de mise en situation professionnelle.

Enfin, en collaboration avec Télécom ParisTech, l'Université de Paris-Sud et l'ENSAE ParisTech, l'École polytechnique lance aussi un master, intitulé « Mathématiques pour la science des masses de données » à la rentrée 2014. Une vaste palette de méthodes de statistiques mathématiques et numériques est mobilisée, ainsi la maîtrise des mécanismes de distribution des données et des calculs à très grande échelle. Ce Master, qui rejoindra la mention « Mathématiques et Applications » des masters de l'Université Paris-Saclay à la rentrée 2015, a vocation à devenir une référence dans le domaine des *Data Sciences* au niveau mondial. Les chaires également se multiplient dans les écoles de commerces : Chaire Accenture Strategic Business Analytics à l'ESSEC, chaire Stratégie digitale et Big data à HEC en partenariat avec AXA pour n'en citer que deux.

Cependant, dans la mesure où les formations en Big data ne sont apparues en France au mieux qu'en 2012, et qu'elles n'ont dans un premier temps concerné que quelques dizaines de personnes, elles ne **répondent pas encore à la demande croissante et les perspectives importantes qu'offre le Big data. Les MOOCs restent aujourd'hui le moyen privilégié par beaucoup pour s'auto-former à la data science.**

L'insuffisante valorisation des métiers scientifiques en entreprise

Outre leur implication dans la formation et le recrutement des doctorants, les entreprises ont également leur rôle à jouer. Selon un rapport du Centre d'études et de recherches sur les qualifications

(Céreq) en novembre 2013 : « *il apparaît [...] qu'au sein des entreprises françaises, les fonctions de Recherche et Développement sont les activités les moins rémunératrices. En effet, selon l'enquête du CNISF, les ingénieurs travaillant dans les fonctions de R&D perçoivent un salaire annuel inférieur de 5 200 euros par rapport aux fonctions de production et de 18 200 euros par rapport aux fonctions commerciales et marketing* »²⁰².

Sans être gratifiées par des carrières plus rémunératrices, **les formations scientifiques et techniques sont de plus perçues par les étudiants comme demandant plus d'efforts** que celles menant par exemple aux métiers de la banque et du conseil. Le choix de spécialisation d'un étudiant est donc trop souvent défavorable à la résorption de la pénurie, particulièrement lorsque ses études le laissent choisir tard, comme dans les écoles d'ingénieur généralistes.

Des docteurs mieux intégrés dans l'entreprise en Allemagne

D'autres pays mettent en avant la formation doctorale : l'Allemagne en est un bon exemple. La part de la population active de doctorants y est de 2,7 % tandis que la France ne forme que 12 000 docteurs par an, soit 1,7 % de sa population active²⁰³. Le doctorat est ainsi beaucoup plus valorisé en Allemagne, notamment du fait qu'il n'y existe pas d'équivalent aux « grandes écoles » ; il est également indispensable dans certaines disciplines

²⁰² Céreq, *Attractivité des carrières scientifique et technologiques*, novembre 2013. Le CNISF désigne le Conseil national des ingénieurs et scientifiques de France.

²⁰³ Marie-Christine Corbier, « Le doctorat peine à trouver sa place dans les entreprises », *Les Echos*, 12 novembre 2014.

(en chimie, par exemple). Par conséquent, presque tous les étudiants allemands diplômés d'un master font un doctorat.

D'autre part, **les doctorants ont plus de facilités à trouver un poste en entreprise en Allemagne qu'en France.** La coopération entre le système éducatif et le monde du travail y est plus développée grâce à l'alternance notamment. Les doctorants trouvent aisément un emploi privé dans des domaines aussi variés que le marketing, le commercial, les ressources humaines, le conseil, ou bien créent leur entreprise – de biotechnologies en particulier. La France, pour sa part, a tendance à se concentrer sur la recherche et le développement dans le secteur public²⁰⁴. Si une prolongation de la pénurie risque de modifier à la hausse la valeur du diplômé à haute compétence technique, les entreprises françaises ont tout intérêt à anticiper cette évolution.

La révolution des objets connectés et du Big data est en marche. Elle va redéfinir en partie notre organisation sociale. Seule la confiance entre tous les acteurs ainsi qu'un sentiment de sécurité, de stabilité et d'assurance permettront à tous de bénéficier sereinement des opportunités offertes.

²⁰⁴ Cécile Peltier, « Les doctorants allemands envisagent plus facilement un poste en entreprise », *L'Étudiant*, 21 février 2014.

QUATRE AXES POUR ÊTRE ACTEUR DANS LA PROCHAINE RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

4.1. Diffuser l'excellence data et numérique au sein du tissu économique français

Du « *Why Software is eating the world* »²⁰⁵ de 2011 à la crainte portée par Maurice Levy de se faire « ubériser »²⁰⁶, aujourd'hui toutes les entreprises, quel que soit leur secteur d'activité, doivent devenir a minima « technology friendly » pour exister dans un avenir proche. Il est rare qu'un seul acteur ait toutes les briques technologiques ou compétences nécessaires à la réalisation d'un projet de transformation numérique : il faut donc **encourager l'économie partenariale**.

Le potentiel économique porté par l'ère du tout connecté et de la massification des données sous-tend également **une course à l'innovation permanente, des modèles ouverts et un fort besoin d'interopérabilité**. Ce mouvement numérique qui se nourrit de transversalité se heurte donc frontalement aux « silos » d'activité durablement installés.

Or, comme le soulignait récemment une note de France Stratégie, si « *les objets connectés ont également été définis comme l'une des*

²⁰⁵ Marc Andreessen, « Why software is eating the world », *The Wall Street Journal*, août 2011.

²⁰⁶ « Maurice Lévy tries to pick up Publicis after failed deal with Omnicom », *The Financial Times*, décembre 2014.

34 priorités industrielles par le ministère du redressement productif », la concurrence internationale est particulièrement forte dans ce domaine et, à l'échelle communautaire, « *L'Union européenne [...] manque d'une réelle vision industrielle* »²⁰⁷. À l'inverse, des États concurrents comme les États-Unis ont mis en place des mesures fortes de soutien au développement industriel des objets connectés, comme l'initiative Smart America (cf. encadré ci-dessous).

Il est donc essentiel que les pouvoirs publics contribuent à la coordination des acteurs privés et publics dans différentes filières pour favoriser l'émergence d'écosystèmes pour les usages de l'Internet des Objets. Le développement de plateformes communes devrait entraîner une réflexion sur les technologies et les standards qui faciliterait la coordination des différents acteurs dans le choix et la promotion des technologies et des standards, en France comme à l'international.

Le soutien des pouvoirs publics au développement de plateformes industrielles : l'exemple du Smart America Challenge aux États-Unis²⁰⁸

Le *Smart America Challenge* est une initiative lancée en décembre 2013 par le bureau « innovation » de la Maison-Blanche et par le National Institute of Standards and Technology (NIST), une agence du Département du Commerce des États-Unis, dans l'objectif de réunir les acteurs industriels, académiques et le gouvernement pour soutenir le développement de l'Internet des

²⁰⁷ France Stratégie, « Demain, l'Internet des objets », *La note d'analyse*, n° 22, janvier 2015.

²⁰⁸ Pour plus d'informations, voir : <http://smartamerica.org>

objets. Doté de 500 millions de dollars, il a pour objectif d'« accélérer les avancées dans le domaine des « cyber-physical systems » ou systèmes cyber-physiques (SCP), en mettant en relation les acteurs technologiques, les investisseurs et les testeurs de ces technologies.

Le concours cherche à mettre fin au décalage entre les progrès technologiques majeurs et l'adoption généralisée et quotidienne de ces technologies. La plupart d'entre elles sont confinées à des secteurs donnés, ce qui ne permet pas d'en déployer toute l'ampleur. Le Smart America Challenge vise ainsi à construire des systèmes qui permettent des interconnexions et des interopérations par le partage et l'analyse associée de données, pour une intégration facilitée et une adoption accélérée.

Dans ce cadre, Smart America demande aux concurrents de présenter des systèmes opérables de façon trans-sectorielle et sur la base de standards ouverts, dont les impacts sont mesurables. Ces défis ont été lancés dans l'ensemble des champs de politiques publiques (énergie, santé, environnement, sécurité, systèmes de transports intelligents, etc.). Le challenge a ainsi pour objectifs de créer de nouvelles opportunités d'investissement, de catalyser l'innovation en encourageant les coopérations entre secteurs et les partenariats publics-privés, d'identifier les obstacles éventuels. La première édition du challenge s'est lancée en décembre 2013 à la Maison-Blanche, et s'est conclue en juin 2014 lorsque 24 équipes, regroupant plus de 100 acteurs, sont venues faire la démonstration des collaborations réussies.

Dans le souci de faire prospérer l'ensemble du tissu économique français dans ce nouveau monde, il apparaît vital de **« prescrire » une dose technologique à l'ensemble des contrats, notamment publics, afin d'encourager les partenariats et collaborations avec les startups.** A l'image du *Small Business Act* américain, le **« Digital Business Act »** préconisé dans ce rapport pourrait aussi être un véhicule pour plus d'intégration et de parité.

Concurremment, l'observation attentive des premières expérimentations en matière de smart city a permis de mettre en lumière la complexité associée à la définition d'un modèle économique viable. Elle a aussi contribué à faire émerger l'idée que seule une combinaison d'usages au sein d'une plateforme multiservices permet une mutualisation aboutie, source de retour sur investissements, de gains de productivité et de réduction des coûts.

La prise de conscience de l'impact de l'ère du tout connecté et de la massification des données invite à **penser une nouvelle gouvernance**, fondée sur le régalien et en capacité de faire face au rythme rapide de l'innovation. Une gouvernance tout autant nécessaire à un État agile qu'à la compétitivité des entreprises privées. Parallèlement, le **besoin de transversalité** induit par *l'Internet of Everything* nécessite une action de niveau interministériel. Enfin, la rupture induite par les objets connectés et le Big data se heurtera aussi à une barrière de moyens et d'investissements : il s'agit dès lors de **réorienter les investissements publics** existants pour renforcer le développement de l'économie numérique.

Proposition n° 1 : Créer un « Digital Business Act » en France

- **Faire de la commande publique un levier pour encourager l'émergence d'un écosystème favorable à l'Internet des objets.**

L'instauration d'une contrainte réglementaire sous la forme d'un critère de mieux-disance, permettant au donneur d'ordre de poser des pénalités si le critère n'est pas rempli²⁰⁹, permettrait de réorienter une partie des investissements publics sur la présence d'un volet numérique.

Selon ce critère, tout investissement public devrait comprendre un volet numérique équivalent à 10 % de l'investissement consenti. Par exemple, une municipalité ne pourra pas démarrer un projet de transformation de son système d'éclairage public, si elle ne prévoit pas une plateforme multiservices et a minima deux usages supplémentaires (gestion du stationnement, gestion des déchets, etc.) afin de créer un cercle vertueux et un effet d'entraînement.

²⁰⁹ Le critère de mieux-disance est posé par l'article 53 du Code des marchés publics qui décrit de quel manière le pouvoir adjudicateur doit « attribuer le marché au candidat qui a présenté l'offre économiquement la plus avantageuse » (Code des marchés publics, article 53, modifié le 1^{er} août 2006 par le décret n° 2006-975). Il permet d'identifier l'offre la plus avantageuse économiquement dans le cadre de la commande publique. Selon cet article, l'acheteur public, pour désigner une entreprise, doit justifier du fait qu'elle est choisie pour son efficacité. Il doit donc attribuer l'offre à l'entreprise économiquement la plus avantageuse, en se fondant sur plusieurs critères comme le prix, la qualité ou les délais par exemple. Ces critères sont précisés dès la publication de l'appel d'offres. Pour plus d'information, voir notamment : *Le mieux-disant dans la commande publique*, Livre blanc du MEDEF, janvier 2010.

- **Confier aux services du Premier ministre l'intégralité de la gouvernance de l'État au service de l'innovation numérique.**

Cette mesure permettra non seulement de conforter une gouvernance agile de l'État mais aussi de favoriser la transversalité nécessaire pour accompagner les évolutions technologiques et réunir les conditions nécessaires à la saisie des opportunités liées à la massification des données, tant pour le secteur public que pour le secteur privé.

- **Promouvoir la notion de plateforme unique et multiservices par filières.**

Afin de permettre des usages combinés des données, chaque filière d'activité pourrait bénéficier d'une plateforme numérique multi-services qui permette de promouvoir des standards et des processus communs.

Proposition n° 2 : Inciter les entreprises à accélérer leur transformation numérique et à renforcer leur culture de la donnée

Pour ce faire, il convient d'encourager l'émergence de *chief digital officers* (CDO) dans toutes les entreprises d'une certaine taille. Rattaché au CEO, et membre du comité exécutif, le CDO aurait pour rôle de définir et d'orchestrer la transformation numérique de l'entreprise en collaboration

avec la direction de l'informatique interne et les autres départements²¹⁰.

De plus, les entreprises peuvent être incitées à **intégrer la protection des données dès la conception des outils techniques et favoriser des approches par analyse de risques pour la mise en place des mesures de sécurité, c'est-à-dire à promouvoir la « *privacy by design* »**. Ces approches permettent d'adapter les mesures de sécurité aux risques réels.

Enfin, pour les TPE et PME ne disposant pas des moyens nécessaires pour réaliser leur transformation numérique, des plateformes informatiques d'innovation communes pourront être mises en œuvre en s'appuyant sur les filières, les pôles de compétitivité, les fédérations professionnelles qui devront se réinventer à l'aune de la numérisation de l'économie.

L'adoption des objets connectés et du Big data reste limitée par les entreprises, en dépit de leur fort potentiel de création de valeur : les déploiements technologiques restent fragmentés et confinés à des secteurs spécifiques : ils peinent souvent à démontrer un impact mesurable et tangible. Or, **la richesse des applications des objets connectés et du Big Data viendra de l'émergence de plateformes multi sectorielles**, permettant le partage d'infrastructures et de données, dans le respect des principes de protection des données.

²¹⁰ Les missions du CDO doivent être envisagées dans le cadre du développement du métier de délégué à la protection des données (*data protection officer* ou DPO). Ce poste, dont la mise en place est prévue dans le projet de règlement européen, sera obligatoire pour de nombreuses entreprises. Le DPO remplacera notamment le correspondant informatique et libertés (CIL), déjà présent dans plus de 14 500 organismes.

Depuis 2005, **les pôles de compétitivité** ont démontré leur capacité à faire collaborer les entreprises, les laboratoires de recherche et les établissements de formation sur les projets d'innovation ; ils rassemblent déjà plus de 7 000 entreprises dont une forte représentation de PME et d'ETI à côté de grands groupes.

Proposition n° 3 : Mobiliser les pôles de compétitivité pour faire émerger des écosystèmes et des projets de plateformes industrielles entre secteurs pour l'Internet du Tout connecté

La création d'un espace de dialogue commun à tous les acteurs permettra d'aligner leurs choix de solutions technologiques et de démultiplier le poids de la France dans les processus de standardisation.

De plus, l'État français pourrait animer les pôles de compétitivité autour d'un concours dont l'objectif serait de faire émerger des collaborations multi sectorielles, basées sur des standards ouverts et qui démontreront l'impact des objets connectés et du Big data sur l'économie et la société françaises, sur le modèle de l'initiative Smart America Challenge conduite par la Maison Blanche aux États-Unis²¹¹.

²¹¹ Cf. encadré *supra*.

4.2 Renforcer la sécurité pour développer la confiance

4.2.1. Le développement de l'Internet du Tout connecté suscite des interrogations nouvelles et des comportements encore très prudents

Les craintes liées aux données et aux capteurs qui les collectent

Kord Davis rappelle que si « **le Big data est éthiquement neutre, l'utilisation qu'on en fait peut ne pas l'être** »²¹². Confortant cette idée, Eric Larson écrivait en 1989 que « *ceux qui conservent les données nous disent qu'ils le font pour le bénéfice du consommateur. Mais en réalité, les datas pourraient très bien être utilisées à des fins autres que celles pour lesquelles elles ont initialement été collectées* »²¹³.

Derrière la notion de confiance, c'est la **définition des finalités d'usages** qui se pose. Il ne peut y avoir de confiance durable sans alignement d'intérêts entre les clients ou utilisateurs d'un bien ou d'un service, d'une part, et son fournisseur, d'autre part. Un récent sondage²¹⁴ soulignait que sept personnes sur dix exprimaient encore des **craintes relatives aux failles de sécurité des appareils connectés et à la faible garantie de sécurité pour les données collectées**. Comment décrypter ces craintes sur le Big data et les objets connectés ?

²¹² Traduction de « *Big data is ethically neutral, the use of Big data is not* ». Voir : Kord Davis, *Ethics of Big data : balancing risk and innovation*, septembre 2012.

²¹³ Citation extraite de « *The Origin of Big Data, An Etymological Story* », *New York Times*, 1^{er} février 2013.

²¹⁴ Harris Interactive, *Objets connectés : the next big thing ? Le point de vue du grand public*, 3 juin 2014.

À côté des immenses potentialités qu'il offre pour les entreprises, les consommateurs et les citoyens, le Big data génère des craintes de manipulation et de discrimination. Ce risque de manipulation serait d'autant plus grand que les capacités techniques du Big data sont amplifiées par les objets connectés. Ainsi pour Viktor Mayer-Schönberger, professeur à l'Oxford Internet Institute, « *la dictature des informations mine l'avenir de nos démocraties : on leur accorde davantage d'importance qu'elles n'en ont, en pensant qu'elles peuvent tout expliquer* »²¹⁵. Ainsi que le montre le rapport de John Podesta²¹⁶ remis au président Barack Obama, **la façon dont les algorithmes sont structurés pourrait induire un risque de discrimination dans l'usage du Big data**. Cette discrimination pourrait également être volontaire pour écarter d'office certaines catégories de la population de l'accès à un emploi, à un crédit, à un logement, etc.

La masse des données recueillies et l'intrusion permise dans les vies privées augmentent avec l'Internet des objets. Nous semblons aller « *vers des existences complètement numérisées, où les données personnelles et comportementales qui alimenteront en continu [le] Big data dresseront nos sociotypes avec toujours plus de précision, offrant toujours plus de capacité de contrôle aux États et d'intrusion commerciale aux entreprises* »²¹⁷.

La **crainte de voir émerger une société de surveillance** explique en partie les réticences vis-à-vis des objets connectés. Cette crainte doit être prise en compte et **doit faire l'objet de pédagogie et de**

²¹⁵ Viktor Mayer-Schönberger et Kenneth Cukier, *Op. cit.*

²¹⁶ John Podesta, *Big data, seizing opportunities, preserving values*. Executive office of the President, mai 2014.

²¹⁷ Audition de Laurent Sorbier, cité dans : Sénat, *L'Europe au secours de l'Internet : démocratiser la gouvernance de l'Internet en s'appuyant sur une ambition politique et industrielle européenne*, rapport d'information n° 696 déposé le 8 juillet 2014.

réponses techniques garantissant la confiance entre acteurs : « *plus notre économie inventera des services qui auront besoin de s'appuyer sur de la donnée pour fonctionner [...], plus nous mettrons en place les infrastructures passives qui rendent les logiques de surveillance techniquement possibles, quel que soit le tiers qui décide de s'en servir* »²¹⁸. Redoutant lui aussi une « *aliénation généralisée* », Peter Warren s'inquiète d'un « *système où la surveillance est la règle, que ce soit dans la rue, désormais intelligente, avec votre portable, qui permet de connaître en temps réel votre géolocalisation, avec vos vêtements, qui seront en mesure d'émettre à tout moment un diagnostic sur votre état de santé et votre maison qui répondra à votre rythme de vie. Bref, la vie des individus va être cartographiée* »²¹⁹.

De fait, les révélations de l'« affaire Snowden » n'ont fait qu'accréditer cette idée de surveillance généralisée que permettrait le Big data et les performances croissantes des algorithmes de traitement des informations. Mais cette affaire a aussi fait prendre conscience aux États européens les enjeux économique et de souveraineté liés aux données : **l'essor du Big data doit s'accompagner d'une prise de conscience du « soft power étatique »** de grands acteurs du numérique.

Est-il encore possible de garantir un droit à la vie privée dans un monde de capteurs connectés où le risque de captation permanente et ubiquitaire de données est prégnant ? Même si le champ des données personnelles est difficile à définir, la captation permanente de données « anodines » dans ce monde de l'Internet du Tout connecté interroge et fait **craindre une translation du Big data au Big Brother**. Afin de permettre aux consommateurs et citoyens de

²¹⁸ Audition de Valérie Peugeot, *ibid.*

²¹⁹ Audition de Peter Warren, *ibid.*

bénéficier du potentiel de ces technologies nouvelles, il semble dès lors indispensable de continuer à :

- renforcer la protection de la vie privée et des données sensibles de « l'homo connexus » ;
- garantir la transparence de l'écosystème de l'Internet des objets connectés²²⁰, nul ne devant pouvoir collecter de données sans l'accord explicite de leurs propriétaires.

Dans le monde qui se dessine, les algorithmes pourront prédire la probabilité qu'un individu fasse une crise cardiaque, qu'il n'honore pas son prêt hypothécaire ou qu'il commette un crime : en d'autre terme, sa contribution, positive ou négative à l'égard du reste de la société.

Le Big data rend plus complexe la protection de la vie privée et, dans une logique poussée à l'extrême, il pourrait représenter une menace totalement nouvelle : celle de la pénalisation des intentions ou des comportements « déviants » avant même qu'il ne soit commis. Le débat nécessaire autour de ces enjeux doit aussi interroger la façon de garantir une contrainte de notification et de recueil du consentement des individus pour lesquelles de la donnée est collectée. Toutefois, **dans le contexte du Big data, le concept éprouvé de notification et de consentement se retrouve soit trop restrictif** pour que la valeur latente des données en soit extraite, **soit juridiquement et techniquement faible** pour protéger réellement un individu et sa vie privée.

²²⁰ Voir à ce sujet les recommandations du G29 : Article 29 Data protection working party, *Opinion 8/2014 on the Recent Developments on the Internet of things*, 16 septembre 2014.

Le spectre d'une « dictature des données » doit faire l'objet de mesures appropriées pour que le développement de l'Internet du Tout connecté rime avec confiance. Dans la mesure où il est difficile de prédire l'usage que pourrait être fait des données, au-delà de leur exploitation initiale, il conviendrait que les futurs usages des données fassent l'objet d'une information aux individus concernés et soient encadrés pour protéger les libertés individuelles.

Les entreprises françaises restent encore prudentes devant les opportunités offertes par le Big data et les objets connectés

Selon une étude récente²²¹, **les entreprises françaises font un usage des technologies numériques moins avancé que leurs concurrentes européennes.** Christine Balague, vice-présidente du Conseil national du numérique souligne ainsi que « *la résistance au changement est souvent forte, l'engagement des organisations vers la transformation numérique lent, les discours souvent en contradiction avec les actions menées. On assiste [ainsi] aujourd'hui à un paradoxe de marché : d'un côté des consommateurs de plus en plus connectés, dotés d'une capacité d'agir accrue par les échanges en réseaux, faisant du numérique leur usage quotidien, de l'autre des entreprises peu ou pas assez numérisées, dans lesquelles la culture numérique reste inexistante ou faiblement diffusée* »²²².

En effet, **seules 17 % des entreprises françaises ont entamé une démarche d'exploitation du Big data**²²³. Deux tiers d'entre elles n'y voient pas encore un levier de croissance, car le concept demeure

²²¹ Roland Berger Strategy Consultants avec la participation de Cap Digital, *Du rattrapage à la transformation. L'aventure numérique, une chance pour la France*, septembre 2014.

²²² *Ibid.*

²²³ Ernst&Young, (Big) data : où en sont les entreprises françaises ? Quelle maturité dans l'exploitation des données clients ?, novembre 2014.

encore trop vague pour les sociétés interrogées : ainsi, « *les entreprises ne sont qu'au début de la démarche. Il leur reste encore beaucoup à faire pour tirer pleinement profit des données* »²²⁴. Cette faiblesse se traduit par une exploration insuffisante des nouvelles sources de données que représentent les réseaux sociaux, les données ouvertes, les objets connectés ou encore les données de géolocalisation. L'étude précise que si 69 % des entreprises engagées dans le Big data explorent les données des réseaux sociaux, elles sont seulement 30 % à en faire de même pour l'*open data*, 23 % pour les objets connectés et 12 % pour la géolocalisation.

Les freins à l'adoption du Big data résideraient dans la « culture cloisonnée et pyramidale des sociétés en France »²²⁵. Les sociétés restent méfiantes vis-à-vis de l'*open source* et d'une trop grande ouverture de leur donnée. **La situation du Big data est donc pour le moins paradoxale en France : alors que 75 % des entreprises connaissent bien, voire très bien, ces technologies, peu d'entre elles les ont déjà mises en œuvre concrètement.** Ainsi, seuls 11 % des dirigeants d'entreprises ont déjà mené au moins un projet de Big data, soit deux fois plus qu'en 2012, mais encore peu par rapport aux possibilités. Le secteur public reste le plus en retard²²⁶.

Les entreprises sont en outre obligées de repenser leur fonctionnement et leurs schémas de valeur : la transformation numérique d'une entreprise, poussée par les nouveaux usages, ne peut se faire sans une rénovation culturelle et organisationnelle de leurs modes de travail. Or, de nombreuses entreprises sont méfiantes, étant donné

²²⁴ *Ibid.*

²²⁵ « Le Big data peu exploité en France », *L'Usine Nouvelle*, 27 novembre 2014.

²²⁶ Markess International, « Projets Big data en France : la progression des besoins sectoriels et métiers », 26 juin 2014.

que plusieurs exemples dans l'industrie musicale ou l'hôtellerie ont donné à voir les bouleversements induits par le Big data et des objets connectés. Pourtant, la transformation digitale des entreprises est bien un facteur de performance économique : les entreprises doivent donc évaluer leur « patrimoine de données », et qualifier leurs besoins et les enjeux auxquels elles sont confrontées pour diffuser une culture de la donnée et profiter pleinement des opportunités de *l'Internet of Everything*.

4.2.2. Les API doivent garantir une utilisation acceptée des données numériques

Les API doivent garantir l'anonymat et la protection des données

De bonnes pratiques doivent émerger pour **préserver les données, toujours plus nombreuses, recueillies par le biais des API**. Karl Dubost, responsable des relations avec les développeurs chez Opera, relève à ce sujet que « *à chaque fois que Google donne la possibilité aux gens de mettre une carte Google Maps [sur leur site], c'est l'opportunité de tracer les gens et leurs intérêts avec la combinaison de [la] recherche et [de] Doubleclick, la régie publicitaire de Google. Ce qui est en jeu, c'est la construction fine de profils marketing pour mieux vendre de la publicité* »²²⁷.

Les utilisateurs n'ont pas nécessairement conscience de l'ampleur des données personnelles qui peuvent être recueillies par ce biais. **Les API pourraient par exemple autoriser une réversibilité** : ainsi, si des données sont rendues disponibles au travers d'une API mais qu'une incertitude pèse sur leur anonymisation, on pourrait permettre *via* l'API de faire des requêtes sur la base (c'est-à-dire de ne pas

²²⁷ « Comprendre les interfaces de programmation », *Op. cit.*

télécharger toute la base de données, qui, elle, resterait centralisée) et, dans le cas où les données sont mal anonymisées où utilisées à d'autres fins que celle prévues initialement, de « fermer » l'API.

L'anonymisation des données disponibles via des API représente un enjeu majeur qui demande un effort important aux administrations qui devront s'assurer que cette démarche est effectuée. En France, la Commission d'accès aux documents administratifs (CADA) permet ainsi, *via* son site et une API dédiée, d'accéder à des avis anonymisés de refus de transmissions de documents administratifs²²⁸. **Cette anonymisation est extrêmement importante dans la mesure où la moindre faille pourrait rendre public l'ensemble des données personnelles accessibles via une API ou un site Internet**, comme le gouvernement israélien en a fait l'expérience en 2006²²⁹.

Normaliser les pratiques autour des API : un défi pour les pouvoirs publics

Des conventions se mettent peu à peu en place pour coder les API. C'est le cas de REST (*representational state transfer*), un style architectural du web développé par Roy Fielding en 2000 et utilisé pour la création de nombreuses API²³⁰ : ainsi, Netflix a développé une API basée sur les standards définis par REST²³¹. REST ne définit pas un standard précis, mais davantage un style architectural dont les applications peuvent varier²³² ; néanmoins, le fait qu'un tel style

²²⁸ « Les avis de la CADA en open data sur Data.gouv.fr », Le blog de la mission Etalab, 11 avril 2014.

²²⁹ « Population database hacked in 2006 reached the Internet », *Haaretz*, 25 octobre 2011.

²³⁰ REST, REST API *Tutorial*.

²³¹ Netflix, *Netflix REST API Conventions*.

²³² « API's Lack Conventions and Standards – Two Perspectives on Solutions », *StrongLoop*, 12 février 2014.

soit reconnu et adopté par de nombreux développeurs est encourageant et laisse à penser que **des standards peuvent peu à peu s'établir** dans cet environnement dynamique. C'est le cas de JSTON²³³, qui tend à être l'un des standards les plus utilisés. La Maison-Blanche²³⁴ et le New York Times²³⁵ notamment ont recours à ce format dérivé du Javascript et qui a été adopté en remplacement du XML.

Plusieurs États et des organisations internationales ont envisagé une normalisation des pratiques relatives aux API. Ainsi, au niveau européen, une directive cadre dispose que *« l'interopérabilité des services de télévision numérique interactive et des équipements de télévision numérique avancée devrait être encouragée, au niveau du consommateur, en vue d'assurer la libre circulation de l'information, le pluralisme des médias et la diversité culturelle. [...] Les opérateurs de plates-formes de télévision numérique interactive devraient s'efforcer de recourir à une interface de programmes d'application (API) ouverte et conforme aux normes ou spécifications adoptées par un organisme européen de normalisation. Le passage des API existantes aux nouvelles API ouvertes devrait être encouragé et organisé, par exemple grâce à des mémorandums d'entente entre les acteurs du marché concernés. Les API ouvertes facilitent l'interopérabilité, c'est-à-dire la portabilité du contenu interactif entre les nouveaux mécanismes de transmission et la pleine fonctionnalité de ce contenu sur les équipements de télévision numérique avancée »*²³⁶.

²³³ Site Internet de JSON API.

²³⁴ « White House API Standards », *GitHub*.

²³⁵ « The Most Popular API », *The New York Times*.

²³⁶ Directive 2002/21/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 mars 2002 relative à un cadre réglementaire commun pour les réseaux et services de communications électroniques (directive « cadre »).

En France, **aucune règle normative ne vient encadrer la diffusion et le traitement des données échangées par les API mais la volonté affichée du gouvernement de se saisir du sujet²³⁷ constitue un signal encourageant pour la mise en place de bonnes pratiques.**

Il serait contre-productif d'envisager une forme rigide de régulation des API : celle-ci freinerait l'innovation et aurait nécessairement un temps de retard sur les pratiques existantes, qui se développent très rapidement (l'API de Google Maps en est déjà à sa troisième version²³⁸).

Cependant, il existe un régulateur qui agit effectivement dans le nouvel espace du numérique et fait peser une menace importante sur les libertés : il s'agit du code, qui définit la manière dont s'organisent le cyberspace et son écosystème numérique. Il détermine dans quelle mesure il est possible de protéger les données, de censurer la parole, d'accéder à l'information. Il a un impact sur qui peut voir quoi, ou sur ce qui est surveillé. **Il serait dangereux de croire que la liberté est garantie par le code, car le code n'est pas immuable.**

Les choix qui seront opérés sur le code et le droit sont des choix de valeurs : comme le soulignait déjà en janvier 2000 Lawrence Lessig, « *ce n'est pas entre régulation et absence de régulation que nous avons à choisir. Le code régule. Il implémente - ou non - un certain nombre de valeurs. Il garantit certaines libertés, ou les empêche. Il protège la vie privée, ou promeut la surveillance. Des gens décident comment le code va se comporter. Des gens l'écrivent. La question*

²³⁷ Secrétariat d'État chargé de la Réforme de l'État et de la simplification, *Le numérique, pour transformer l'État*, septembre 2014.

²³⁸ Google, *Google Maps Javascript API V3 Reference*, 2014.

n'est donc pas de savoir qui décidera de la manière dont le cyberspace est régulé : ce seront les codeurs. La seule question est de savoir si nous aurons collectivement un rôle dans leur choix – et donc dans la manière dont ces valeurs sont garanties – ou si nous laisserons aux codeurs le soin de choisir nos valeurs à notre place. Il est opportun de commencer par laisser le marché se développer. Mais, tout comme la Constitution contrôle et limite l'action du Congrès, les valeurs constitutionnelles devraient contrôler et limiter l'action du marché »²³⁹.

Les API sont devenues des dispositifs très puissants dans les rapports entre entreprises, institutions et particuliers. Toutefois, leur puissance, de régulation et de maîtrise des données notamment, n'est pas perçue à sa juste mesure par les pouvoirs publics.

Si les API constituent un potentiel important pour les entreprises et les États, si elles représentent une opportunité de moderniser l'outil productif et le fonctionnement des institutions et de renforcer les rapports avec les citoyens, elles comportent également des risques, notamment en termes d'anonymat des données personnelles et d'usage à des fins non maîtrisées des données échangées.

Les API représentent un défi pour les pouvoirs publics, qui devront se les approprier afin de renforcer le lien avec les citoyens dans le cadre d'un gouvernement ouvert, d'une part, et assurer la protection des droits de chacun, d'autre part. La tâche sera d'autant plus ardue que les API se développent très rapidement et que les gouvernements ne doivent pas établir des cadres de réglementations trop rigides qui représenteraient un frein à l'innovation.

²³⁹ « Code is Law – On Liberty in Cyberspace », *Harvard Magazine*, 2000.

Le législateur doit donc garantir une utilisation acceptée des données numériques par les API, pour permettre aux citoyens et aux entreprises de rééquilibrer les pouvoirs dans le monde du Big data et des objets connectés. **Parce que l'API devient un élément structurant de l'échange des données numériques, la loi, tout en maintenant sa nature contractuelle, doit fixer un cadre destiné à maîtriser le risque d'asymétrie des échanges inhérent à son utilisation.**

Cette régulation de l'environnement contractuel des API, loin d'inhiber et d'interdire, doit créer de la confiance et, ce faisant, libéraliser leur utilisation.

Il s'agit ainsi de réconcilier les usages, la technique et le droit. Un cadre législatif souple, proposant en ce domaine des « briques normatives socles », participerait au besoin actuel de « confiance préalable » entre tous les acteurs.

Proposition n°4 : Garantir aux citoyens des *Application Programming Interfaces* (API) techniquement sécurisées et portées par un droit stable et partagé

Afin de renforcer la confiance de tous les acteurs dans l'Internet de demain, le développement juridique d'APIs labélisées doit être encouragé et organisé par les pouvoirs publics. Il pourrait ensuite être valorisé grâce à des mémorandums d'entente entre les acteurs du marché concernés. Cette régulation de l'environnement contractuel des APIs, loin d'inhiber et d'interdire, doit créer de la confiance et, ce faisant, libéraliser leur utilisation. Il s'agit ainsi de réconcilier les usages, la technique et le droit.

Ce principe se décline en deux volets :

1. Identifier et porter au niveau européen un « socle de confiance » pour toutes les API, au-delà des seules conditions particulières négociées de tiers à tiers. Défendues par l'Union européenne, ces clauses juridiques à portée internationale s'imposeraient aux clauses particulières. Elles auraient pour objectifs de :

- limiter l'asymétrie des échanges et interdire une utilisation des données sans que le fournisseur initial (le citoyen par exemple) ne s'en rende compte ou qu'il ait une complète connaissance de leurs utilisations ;
- jouer le rôle d'un filtre et éventuellement, dans le temps, celui de « corde de rappel de la donnée » en cas de contestation sur leur utilisation et autoriser la réversibilité.

2. Développer un label « EU connect » pour ces API. Ce label, respectant ce « socle juridique de confiance », permettrait de certifier les API conformes auprès des utilisateurs publics et privés. Plus généralement, les démarches de labellisation comme France Connect, sont à consolider.

Proposition n° 5 : Favoriser l'émergence d'un État plateforme et simplifier les démarches administratives

Cet État plateforme doit permettre les échanges de données entre les différents services de l'État mais aussi entre l'État et le citoyen. Au-delà de France Connect, projet d'identifiant unique pour les administrations qui laisse au citoyen le choix de la nature des données partagées, l'État plateforme supposera à terme la mise en commun des données des différentes administrations dans une base unifiée. Les enjeux liés à la gouvernance et à la protection de cette base devront être adressés de façon préalable à sa mise en place.

Dans le cadre de la mise en place du projet de règlement européen sur la protection des données, il convient également de continuer à développer le rôle de conseil et d'accompagnement de la CNIL tout en renforçant la sécurité juridique pour les entreprises. Pour ce faire, de nouveaux outils doivent être pensés et promus, dans la logique par exemple de la notion de rescrit ou « certificat de conformité » du Conseil d'État²⁴⁰.

²⁴⁰ Sous réserve de la possibilité qui sera ouverte ou non aux autorités par le règlement de se positionner sur ce type d'outils, que les processus soient assez stables pour permettre une telle « certification » et qu'un tel mécanisme n'entrave pas les pouvoirs de contrôle *a posteriori* de la CNIL. Le projet de règlement européen va dans ce sens en prévoyant la quasi-disparition des formalités préalables, en promouvant la logique de preuves de conformité et d'*accountability*.

Proposition n° 6 : Libérer l'utilisation des objets connectés et du Big data dans le secteur de la santé

Les nouvelles technologies peinent à se déployer dans le domaine de la santé, alors même qu'elles pourraient permettre des gains importants de qualité et de temps, pour les patients comme pour les professionnels. Il semble donc intéressant de **demander à la CNAMTS d'ouvrir ses données aux acteurs externes** sous réserve de la signature d'un protocole de recherche simple. La politique de santé de demain doit être basée sur l'épidémiologie et la prévention en utilisant le potentiel du Big data, en numérisant davantage les données de santé et en favorisant une culture du registre de santé²⁴¹.

De plus, **France Connect** (projet d'identifiant numérique unique pour les administrations) **pourra être utilisé pour promouvoir l'identifiant national de santé** afin d'améliorer la coordination des soins et la circulation de l'information.

Enfin, pour permettre aux citoyens d'accéder à leurs données de santé et de les partager, **un dispositif comparable au *blue button* américain pourrait être expérimenté en France.**

²⁴¹ Dans le respect de la loi Informatique et Libertés.

Proposition n° 7 : Garantir un droit à la portabilité des données dans un cadre européen concerté

Le droit à la portabilité serait un droit opposable de faire transmettre ses données d'un système de traitement automatisé à un autre, sans que le responsable du traitement ne puisse y faire obstacle.

Ce nouveau droit, qui est un développement numérique naturel du principe du droit d'accès et de rectification de la loi Informatique et Libertés, permettrait notamment :

- de décider des conditions de partage de ses données avec des tiers, pour bénéficier de nouveaux produits et services et de maîtriser ces réutilisations ;
- d'obtenir à tout moment une copie de ses données dans un format structuré afin de pouvoir les réutiliser par lui-même.

La mise en œuvre de ce droit aurait donc pour objectif d'encourager la concurrence et de limiter les barrières techniques au changement de prestataire, tout en renforçant le cadre général de la protection des données personnelles.

Proposition n° 8 : Faire de la France un champion des techniques de certification et de protection des données

La confiance dans les API et dans les programmes qui les utilisent, peut être renforcée par des solutions techniques qui permettent de garantir leur bon fonctionnement, leur fiabilité et le respect des clauses juridiques pour lesquelles elles peuvent être labélisées.

La France dispose des savoir-faire et des compétences de pointe dans ces domaines ; il convient d'investir de manière ciblée pour soutenir la recherche et financer les applications concrètes qui en découlent pour l'industrie.

Cela permettra, par exemple, de généraliser des techniques garantissant la conformité des API, mais aussi de renforcer l'authentification et la protection des données, par exemple en définissant le périmètre de visibilité d'une donnée ou les droits d'accès.

4.3. Renforcer l'influence de la France et soutenir une gouvernance numérique forte

Comme la richesse de l'Internet actuel est née de la connexion d'un très grand nombre d'individus, **la richesse de l'Internet des objets émergera des innombrables combinaisons possibles entre les milliards d'objets connectés et des données qu'ils produisent.**

Pourtant, ce principe relativement simple d'interconnexion s'apparente à une gageure, tant la diversité des objets envisagés est large (ils sont souvent issus de sphères de consommation et de filières industrielles très hétérogènes) et les cas d'usages nombreux. Par exemple, une entreprise de distribution alimentaire souhaitant proposer à ses clients un service leur suggérant des listes de courses en fonction de leurs habitudes d'achats et de l'état de leurs stocks, devrait utiliser des données provenant des cartes bancaires, du réfrigérateur et des produits eux-mêmes. Il faudrait que le réfrigérateur puisse être facilement raccordé au réseau et être identifié comme appartenant au client, quelle qu'en soit la marque, et que les produits soient facilement reconnus *via* leurs codes-barres ou tags RFID ou NFC, quels qu'en soient les fabricants et les distributeurs.

En réalité, seule l'émergence de normes et standards²⁴² propres à l'Internet des Objets pourrait permettre ces combinaisons d'objets et de données. Ces standards devront avant tout s'atteler à :

- nommer les objets, pour pouvoir les adresser de manière unique et non ambiguë ;

²⁴² Le standard résulte d'un consensus plus restreint que pour la norme ; il est élaboré entre des industriels au sein de consortiums et non par des organismes nationaux. La différence entre les deux concepts est cependant faible et les anglo-saxons utilisent le terme de standard pour désigner une norme.

- les connecter facilement aux réseaux, en faisant bon usage du spectre qui va devenir une ressource rare ;
- les interconnecter, avec une architecture de réseaux cohérente et capable d'accueillir autant d'objets ;
- les rendre interopérables, quels qu'en soient le fabricant.

Les standards permettront également de faire baisser les prix en partageant des composants développés pour les marchés mondiaux et de donner davantage de lisibilité aux utilisateurs, surtout si les standards intègrent des exigences en termes de sécurité et de confidentialité.

La tâche est vaste et complexe tant le concept d'Internet des Objets est englobant, imbriqué avec les technologies de l'Internet, de l'électronique mais aussi de la plupart des verticaux qui disposent déjà de leurs corpus de standards souvent divergents. **Derrière la multitude d'initiatives pour standardiser l'Internet des Objets couve une « guerre des standards » à l'issue encore incertaine.** Grace Hopper disait ainsi : « *the wonderful thing about standards is that there are so many of them to choose from* » (« *ce qu'il y a de merveilleux avec les standards, c'est qu'il y en a tellement parmi lesquels choisir* »).

En effet, l'activité de standardisation de l'Internet des Objets est prolifique : de nouveaux consortiums et de nouvelles alliances se créent pratiquement tous les jours :

- au niveau mondial, des organismes institutionnels de standardisation (*cf. encadré infra*), l'Organisation internationale de norma-

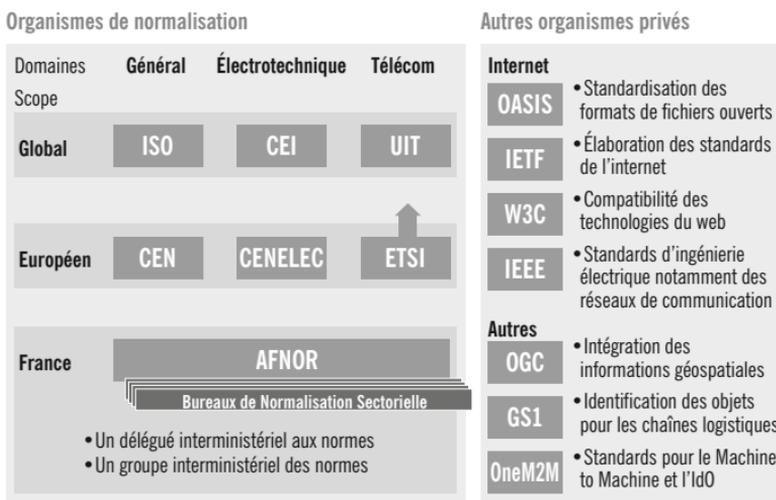
lisation (ISO), la Commission électrotechnique internationale (CEI) et l'Union internationale des télécommunications (UIT) bâtissent un cadre cohérent de standardisation et définissent des modèles de référence au niveau des réseaux et des services, afin d'améliorer les coopérations transversales et de limiter les redondances ;

- au niveau des organismes européens, le Comité européen de normalisation (CEN) et le Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique (CENELEC) traitent plus spécifiquement des applications finales (smartgrids, smarthome, véhicules électriques, etc.), de l'automatisation de l'identification des objets et de la prise en compte des objectifs sociétaux de protection des données et de sécurité. Des partenariats publics/privés ont également été créés pour anticiper les futurs enjeux technologiques et aligner les acteurs européens ; citons notamment le PPP 5G, le PPP Big Data ou le PPP « futur Internet » ;
- les autres organismes s'attachent, chacun dans leur domaine, à compléter le puzzle des standards nécessaires à l'édifice global de l'Internet des objets. Par exemple, l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) et l'Internet Engineering Task Force (IETF) développent de nouveaux standards de communication sans fil moins consommateurs de ressources et préparent l'évolution de l'architecture de l'Internet capable d'interconnecter ces milliards d'objets. L'Open geospatial consortium (OGC) systématise quant à lui l'interfaçage des capteurs et actionneurs, pour qu'il soit aussi simple d'interagir avec eux qu'avec une page Internet.

Tous ces travaux multilatéraux s'inscrivent dans une réflexion de long terme et ne devraient porter leurs fruits que d'ici plusieurs années. En attendant, **la quête de l'interopérabilité généralisée se**

heurte aux intérêts stratégiques de grands industriels dont certains s'organisent en consortiums. Ils ambitionnent d'accélérer le développement de l'Internet des objets, de promouvoir leurs filières technologiques voire de faire émerger des standards *de facto*. De nombreuses initiatives émergent qui sont souvent en concurrence : c'est le cas en particulier de la « guerre des standards » que se livrent l'Alliance AllSeen²⁴³ (conduite par Qualcomm, dominant dans les smartphones) et l'Open Interconnect Consortium²⁴⁴ (conduite par Intel, dominant dans les PC). **L'Internet des objets pourrait ainsi ne pas disposer de standards uniques avant longtemps : des écosystèmes concurrents et fermés, menés par de grands groupes, pourraient dans un premier temps structurer le marché avant éventuellement de converger.**

Figure 22 : le système normatif international (non exhaustif)



Source : A.T. Kearney.

²⁴³ Site de Allseen Alliance.

²⁴⁴ Site de Open Interconnect Consortium.

L'organisation de la standardisation (cf. annexe 1 et 2)

La normalisation institutionnelle internationale s'appuie sur trois organisations : l'ISO, généraliste, pour l'ensemble des secteurs, la CEI pour l'électrotechnique et l'UIT pour les télécommunications. Au plan européen, se trouvent le CEN, le CENELEC (pour l'électricité) et l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) pour les télécommunications. Enfin, au plan national se trouvent les organismes généralistes (AFNOR, DIN en Allemagne, BSI au Royaume-Uni) et parfois des bureaux de normalisation par secteurs.

Le cadre de l'Internet est principalement fixé par des normes autoproduites par des consortiums d'industriels ou par des organismes privés ou à but non lucratif. Citons par exemple :

- l'IETF (Internet Engineering Task Force) : réseaux Internet ;
- l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) : réseaux locaux filaire et sans fil ;
- W3C (World Wide Web Consortium) : compatibilité des technologies du web ;
- OASIS (Advancing open standards for the information society) : formats de fichiers ouverts.

Il existe par ailleurs de très nombreux consortiums, instituts de recherche et groupements *open source* qui participent aux efforts

de normalisation. On citera par exemple le 3GPP pour les standards des réseaux mobiles, l'OGC, le Global Stand 1 (GS1) ou encore OneM2M.

En France, un délégué interministériel aux normes, rattaché au ministre en charge de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, a pour mission d'assurer la définition et la mise en œuvre de la politique française des normes. Un groupe interministériel des normes coordonne le suivi et la promotion des travaux de normalisation dans chaque ministère.

Les positions françaises exprimées au sein des organisations internationales sont élaborées au sein du Comité de coordination et de pilotage de la normalisation (CCPN), placé auprès de l'AFNOR. Des comités stratégiques (CoS) préparent les positions arrêtées par le CCPN. 90 % des 30 000 normes applicables sur le territoire français sont de portée européenne (EN) ou internationale (ISO), dans une proportion d'environ deux tiers/un tiers.

La normalisation représente un enjeu de taille pour la France et appartient au champ de la diplomatie économique. Comme le notait la délégation interministérielle à l'Intelligence économique, **« les normes sont un instrument stratégique de la concurrence. Les entreprises qui participent au travail de normalisation peuvent obtenir des avantages concurrentiels grâce à leur avance en termes de savoir et de temps, en amont du cycle industriel »**²⁴⁵. **Derrière la**

²⁴⁵ Délégation interministérielle à l'Intelligence économique, *Normalisation internationale et stratégies d'influences : bilan et proposition*, janvier 2012.

normalisation se cachent également des enjeux de gouvernance et de souveraineté comme l'a souligné la mission commune d'information sur la gouvernance mondiale de l'Internet²⁴⁶.

La France dispose d'une représentation importante dans les organismes européens et internationaux qui préparent les normes du futur. Par exemple, c'est un représentant de Schneider qui pilote la rédaction de la feuille de route de l'IEC sur les *smart grids* et qui, au niveau européen, a en charge le programme de standardisation sur le même thème. La France dispose également de ressources importantes, avec 20 000 experts majoritairement en provenance du monde de l'entreprise, qui peuvent être mobilisés sur la préparation des normes²⁴⁷.

Cette représentation a permis de grands succès par le passé, comme celui de la norme mobile GSM. **Cependant, l'influence française s'est depuis essoufflée** : ainsi, la norme allemande a été préférée à celle défendue par la France dans le cadre de la normalisation des prises de recharge des véhicules électriques. De même, le Conseil général de l'Économie²⁴⁸ a souligné la relative absence de la France dans la plupart des organes de normalisation de la e-santé.

²⁴⁶ Rapport d'information de Mme Catherine Morin-Desailly, fait au nom de la mission commune d'information sur la gouvernance mondiale de l'Internet, *L'Europe au secours de l'Internet : démocratiser la gouvernance de l'Internet en s'appuyant sur une ambition politique et industrielle européenne*, juillet 2014.

²⁴⁷ Claude Revel, *Développer une influence normative internationale stratégique pour la France*, janvier 2013.

²⁴⁸ Conseil général de l'économie, *Des dispositifs publics pour développer la confiance et les marchés des technologies logicielles pour la santé*, juin 2012.

Quatre points faibles en particulier sont identifiés :

- **le manque d'alignement en amont des acteurs français, industriels et institutionnels ;**
- **le manque d'implication de la France dans les comités et les groupes techniques des institutions de normalisation, où s'écrivent les normes** (la présence française s'y établit surtout au niveau des postes honorifiques) ;
- **le repli des entreprises** qui se mobilisent de moins en moins ;
- **le traitement à trop faible niveau des enjeux techniques**, chez les industriels comme au niveau de l'État.

Dans le cas plus spécifique des objets connectés, la standardisation sera en grande partie le fait de consortiums privés ou d'organismes non institutionnels²⁴⁹. La France est relativement absente de ces initiatives privées à de rares exceptions près, comme Technicolor dans le consortium Allseen.

Pourtant, sur le plan technologique, la France dispose d'atouts indéniables, très visibles notamment lors du dernier CES. Le poids de ses entreprises dans des secteurs comme l'énergie, les transports ou la santé lui donne une forte légitimité pour peser sur les futurs standards. Des travaux structurants sont à venir pour l'établissement de normes par exemple dans les réseaux mobiles 5G, les *smart grids* ou l'e-santé. **Il est primordial que des dispositions soient prises**

²⁴⁹ Commissariat général à la stratégie et à la prospective, *L'Internet des Objets, défis et perspectives pour la France et l'Europe*, avril 2014.

pour que la standardisation soit un vecteur de diffusion du savoir-faire technologique français dans ces domaines.

De même, **le spectre est un enjeu régalién central dans la révolution numérique** : plus de 50 % du trafic IP est déjà aujourd'hui sans fil. Demain, avec plusieurs milliards d'objets connectés, la tension sur la disponibilité des fréquences sera encore plus prégnante. Un récent rapport²⁵⁰ commandé par le gouvernement contient à ce sujet de nombreuses propositions pertinentes.

Pour rayonner au niveau mondial, le couple franco-allemand peut représenter la meilleure opportunité de redynamiser le *soft power* européen : les marchés français et allemand sont suffisamment importants dans l'écosystème numérique mondial pour y exercer un *soft power* européen efficace. Par exemple, un choix commun de bande de fréquences ou d'une norme obligerait les acteurs économiques à modifier leurs stratégies pour pouvoir accéder au marché franco-allemand. De plus, les champions industriels allemands ou encore les champions énergéticiens français ont besoin d'encouragement dans leur processus de transformation numérique actuellement à l'œuvre. Par conséquent, des rapprochements seraient également souhaitables en matière de protection des données personnelles, de sécurité ou encore de réseaux convergents qu'ils soient télécoms, énergétiques ou de transports, sur le modèle des partenariats entre Orange et Deutsch Telecom, ou encore entre le MEDEF et le BDI.

²⁵⁰ Joëlle Toledano, *Une gestion dynamique du spectre pour l'innovation et la croissance*, juin 2014.

Proposition n° 9 : Consolider la politique d'influence française dans les instances de normalisation

Pour renforcer l'influence de la France dans les instances de normalisation, il convient notamment de **placer l'actuel délégué interministériel aux normes directement sous l'autorité du Premier ministre** afin d'améliorer la coordination des acteurs français en matière de normalisation. Les arguments liés à la difficulté de trouver des ressources budgétaires pour ce faire, s'ils doivent être entendus, ne doivent pas constituer de blocage eu égard à l'enjeu stratégique de cette proposition.

De plus, il convient de **demander au SGMAP d'exprimer les besoins normatifs des startups et des entreprises** en matière d'Internet des objets et de Big data, en s'appuyant sur leurs organisations professionnelles en partenariat avec l'AFNOR.

Enfin, l'adoption des normes doit être promue un comme outil de différenciation et d'attractivité. Par exemple, les collectivités territoriales et l'État devraient rendre leurs sites web et leurs services accessibles par tous les citoyens en IPv6.

Proposition n° 10 : Faire du couple franco-allemand le moteur du *soft power* numérique européen

Pour ce faire, les pouvoirs publics doivent soutenir les partenariats entre industriels français et allemands mais aussi pousser à la convergence des positions dans les domaines clefs et régaliens que sont la normalisation, le spectre, les choix liés à la *privacy* ou à la labellisation des API.

Proposition n° 11 : Nommer un Commissaire au spectre auprès du Premier ministre, en charge d'élaborer et tenir à jour un plan stratégique en associant le Parlement

Les fréquences radioélectriques représentent une ressource stratégique sur laquelle reposent notamment les communications mobiles mais aussi des pans entiers de l'industrie. La gestion du spectre est ainsi un levier central pour favoriser l'innovation et la croissance.

4.4. Répondre aux besoins de compétences des métiers du Big data et de l'Internet des Objets

Pour que de telles expertises, à la frontière avec la recherche, se développent et impactent l'économie de l'Internet des objets, la France doit davantage promouvoir le système doctoral. **En effet, les**

diplômés de l'enseignement supérieur sont mieux insérés dans le marché du travail lorsqu'ils sont diplômés d'un master (M1, M2 et grandes écoles de commerce et d'ingénieurs) que d'un doctorat : leurs taux d'emploi à durée indéterminée (regroupant CDI, fonctionnaires et emploi non salarié) sont respectivement de 81 et 69 %. De même, le taux de chômage des docteurs est supérieur de trois points à celui des titulaires d'un master (10 % vs. 7 %)²⁵¹. Or, le doctorat n'est pas seulement une formation, mais aussi un moyen d'acquérir une expertise exclusive qui permettra éventuellement de rendre viable le *business model* d'une startup dans ses premières années.

Une plus grande intégration du doctorat dans l'économie de l'Internet des objets passe en particulier par **une meilleure reconnaissance des docteurs dans les entreprises**, et par conséquent **une plus grande implication des entreprises dans les formations doctorales**. Le dispositif de la convention industrielle de formation par la recherche (**CIFRE**) a été créé à cette fin : il permet à un doctorant d'être cofinancé par une entreprise et par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, pour un travail de recherche mené entre l'entreprise et un laboratoire public. Ce dispositif gagnerait à se développer dans les sciences informatiques, car c'est là que résident les plus grands besoins en main d'œuvre à haute compétence²⁵².

²⁵¹ « Sortants du supérieur : la hausse du niveau de formation n'empêche pas celle du chômage », *Bref du Céreq*, n°322, septembre 2014.

²⁵² Le dispositif des CIFRE, créé en 1981, a accompagné près de 16 000 docteurs, 4000 laboratoires partenaires et 7500 entreprises bénéficiaires. En 2013, 4 500 CIFRE étaient en cours et 1 350 ouvertes pendant cette année. Source : site Internet de l'Association nationale de la recherche et de la technologie, « Les dispositifs CIFRE ».

Le rôle des entreprises privées pour renforcer l'attractivité des formations scientifiques

Les entreprises peuvent contribuer à l'attractivité des métiers scientifiques en s'impliquant davantage dans les formations supérieures. Les liens avec les établissements de formation ont toujours existés : ainsi, le développement de chaires, formalisant un partenariat entre établissement de formation et entreprise, va dans le bon sens et mérite d'être poursuivi. **Trois leviers d'action** peuvent cependant être approfondis :

- **l'intervention des personnels d'entreprise pendant les périodes d'enseignement** sur campus permet de renforcer la proximité entre les programmes de formation et la réalité des enjeux du secteur privé. Sans aller jusqu'à donner des cours, l'encadrement de mini-projets ou travaux pratiques inspirés des applications en entreprise constitue un facteur d'attractivité pour les sciences informatiques, qui complète l'enseignement du personnel académique (par ailleurs souvent en manque d'encadrants pour de tels projets) ;
- s'il est souvent logique que les interventions d'entreprises dans les formations passent par les services « relations entreprises » des écoles ou universités et les services « relations écoles / universités » (voire ressources humaines) des entreprises, il est vital **d'établir le plus directement possible des échanges de nature technologique entre étudiant et ingénieur.** Ces échanges peuvent impliquer une meilleure collaboration entre le monde académique et le monde de l'entreprise (c'est également valable au niveau des thèses CIFRE) comme une plus grande ouverture des campus et une attitude moins méfiante des entreprises quant au risque de diffusion de leurs technologies ;

- enfin, **les PME sont souvent sous-représentées** dans les liens avec les établissements de formation et il conviendrait de **les doter de dispositifs spécifiques**.

Il apparaît donc essentiel :

- d'exposer les futurs ingénieurs de l'Internet des objets, non seulement aux télécommunications et au Big data mais aussi aux multiples problématiques évoquées ci-dessus et aux solutions scientifiques et techniques qui peuvent y répondre, ainsi que de renforcer l'intégration de ces aspects à la culture du développement logiciel ;
- de développer autour de ces problématiques des expertises pointues, propices au transfert et à l'innovation, qui peuvent jouer un rôle économique majeur dans le développement de l'Internet des objets et sur lesquelles la France a la capacité de figurer au tout premier plan.

Proposition n° 12 : Former les étudiants, les salariés et les fonctionnaires à l'Internet des objets

Pour les établissements d'enseignement supérieur et les étudiants, organiser un programme de mentorat à échelle nationale en mobilisant des tuteurs pour stimuler l'intérêt des étudiants pour les matières scientifiques et techniques, sur le modèle de l'initiative US 2020 menée aux États-Unis.

Pour les entreprises et leurs salariés, intégrer davantage de programmes de transformation digitale de l'entreprise dans le

catalogue des organismes de formation (OPCA) et, au sein de la Commission des titres d'ingénieurs (CTI) et dans la formation continue, inclure des pré-requis relatifs aux compétences numériques.

Pour la formation des fonctionnaires, rendre obligatoire une formation aux technologies, aux infrastructures et aux usages du numérique dans les écoles des cadres de la fonction publique (ENA, INET, IRA, EHESP, EN3S, etc.).

Proposition n° 13 : Renforcer le partenariat entre le monde de l'entreprise et le monde académique sur la recherche et l'innovation

Pour encourager les échanges entre le monde académique et celui de l'entreprise et inciter les entreprises à valoriser davantage les compétences scientifiques et techniques, il convient de :

- **conditionner l'obtention du crédit impôt-recherche (CIR) à l'emploi d'un nombre minimal de docteurs ou de doctorants au sein de l'entreprise ;**
- **inciter les universités à recourir à des ingénieurs et techniciens pour encadrer des projets et travaux pratiques**, afin d'illustrer l'applicabilité des enseignements académiques ;
- **développer le mécénat de compétences** dans les secteurs des nouvelles technologies afin d'accompagner les entreprises dans l'intégration de la recherche.

CONCLUSION

La révolution numérique ébranle nos sociétés et ne bouleverse pas seulement la technologie, l'industrie ou l'économie mais a également des conséquences sociétales profondes.

Face à ce mouvement, deux visions s'opposent parfois : l'une positive, qui valorise les potentialités offertes et la puissance créatrice, l'autre plus alarmiste, qui met en garde contre les dangers, pour l'individu ou les entreprises, d'une utilisation malveillante et discriminante de la donnée.

Structures techniques et structures sociales sont toujours intimement liées et l'adoption d'un système technique entraîne souvent l'adoption d'un système social correspondant.

Il est donc indispensable qu'en même temps que se développe l'utilisation du Big data et des objets connectés, une réflexion soit menée sur ses conséquences sociétales et sur la manière dont, chacun et collectivement, nous acceptons de faire évoluer nos sociétés.

Il serait cependant inconcevable que la France et l'Europe ne profitent pas de l'essor du Big data et des objets connectés. Le Big data et les objets connectés sont au cœur de l'Internet du Tout connecté qui ouvre une nouvelle ère, numérique, dans laquelle citoyen, Etat et entreprise doivent saisir, en confiance, toutes les opportunités économiques et sociétales.

REMERCIEMENTS

L'Institut Montaigne remercie particulièrement les personnes suivantes pour leur contribution.

Membres du groupe de travail

- **Gilles Babinet**, Digital champion, co-président du groupe de travail ;
- **Robert Vassoyan**, directeur général de Cisco France, co-président du groupe de travail ;
- **Albert Asséraf**, directeur général Stratégie, études et marketing, JCDecaux France, et professeur associé au CELSA – Paris Sorbonne ;
- **Hervé Collignon**, associé responsable du secteur télécom et technologie, AT Kearney ;
- **Geoffrey Delcroix**, chargé de projet Innovation et prospective, CNIL ;
- **Frédéric Geraud de Lescazes**, secrétaire général, Cisco France ;
- **Stéphane Graham-Lengrand**, chargé de recherche au CNRS et chargé d'enseignement à l'École Polytechnique ;
- **Julien Munch**, haut fonctionnaire, co-rapporteur du groupe de travail ;
- **Julien Vincent**, manager, AT Kearney, co-rapporteur du groupe de travail.

Personnes auditionnées

Les auditions exprimées dans le présent rapport n'engagent ni les personnes citées, ni les institutions qu'elles représentent.

- **Ivan Bertrand**, fondateur et président du cabinet Filangrocca, ancien vice-président Digital Enterprise pour CGI Business Consulting ;
- **Jean-Luc Beylat**, président du pôle de compétitivité Systematic Paris-Region et d'Alcatel-Lucent Bells-Labs France ;
- **François Blanc**, directeur du programme évolution numérique des métiers, ERDF ;
- **Guillaume Blot**, chef du service architecture et urbanisation, Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication (DISIC) ;
- **Frédéric Brajon**, co-fondateur et directeur général du cabinet Saegus, ancien directeur de l'activité Big Data et Data Science pour CGI Business Consulting ;
- **Luc Bretones**, directeur du Technocentre d'Orange, administrateur du think tank Renaissance numérique et vice-président de l'Institut G9+ ;
- **Christian Buchel**, directeur général adjoint en charge du digital, ERDF ;
- **Florence Chafiol-Chaumont**, avocate, August & Debouzy avocats ;
- **Nicolas Colin**, associé chez TheFamily ;
- **Benoît Coquart**, directeur stratégie et développement de Legrand ;
- **Dr Jean-Marc Coursier**, directeur des relations médicales, Générale de Santé ;

- **Pascal Dagr**, chef du bureau des usages du numérique, Direction générale des entreprises (DGE) ;
- **Cécile Dubarry**, chef du service de l'Économie numérique à la Direction générale des entreprises (DGE) du ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique ;
- **Anne-Laure Falkman**, avocate, August & Debouzy avocats ;
- **Pierre Guelman**, directeur des affaires publiques et juridiques, ERDF ;
- **Jean-Daniel Guyot**, fondateur de Capitaine Train ;
- **Cédric Hutchings**, cofondateur, Withings ;
- **Romain Lacombe**, ancien directeur de l'innovation et du développement chez Etalab ;
- **Dr Thierry Maillet**, directeur général d'Ooshot, cofondateur du *think tank* Image & Digital, chercheur associé à l'université d'Erasmus (Rotterdam) ;
- **Jacques Marzin**, directeur de la Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication (DISIC) ;
- **Barbara Ngouyombo**, ancienne fondatrice et directrice de Fourmisanté, responsable solutions engagement et adhésion patients au sein du groupe Sanofi ;
- **Thanh Nguyen**, directrice adjointe du bureau Orange auprès des institutions européennes à Bruxelles ;
- **Jean-Yves Robin**, expert de l'e-santé ;
- **Fabien Terrailot**, chef du bureau du logiciel, Direction générale des entreprises (DGE) ;
- **Henri Verdier**, directeur d'Etalab et administrateur général des données ;
- **Véronique Weill**, directrice des opérations du groupe AXA.

Annexe 1 : initiatives des organismes de standardisation dans l'Internet des Objets²⁵³

Organisation	Principaux travaux
ISO/IEC/JTC 1	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination des différentes organisations de standardisation (Special Working Group 5) • Spécifications des réseaux de capteurs (Special Working Group 7) • Identification et authentification automatique des codes-barres et puces RFID (SC31)
ITU-T	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination des travaux de standardisation sur les aspects télécoms de l'loT (Joint Coordination Activity-IoT et loT-Global Standards Initiative) • Modèle de référence et définitions de l'loT (Y.2060) • Spécifications des couches de service M2M (basé sur l'étude des applications eHealth)
CEN/CENELEC	<ul style="list-style-type: none"> • Spécification des applications à la périphérie de l'Internet des objets, en participant notamment aux projets Européens : RFID (M/436), Smart Grids (M/490), Smart Housing, Electric Vehicles • Identification automatique des objets (CEN/TC 225) • Intégration des objectifs sociétaux de protection des données et de privacy dans l'Internet des objets
ETSI	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion et standardisation des systèmes de communication sans fils (TC ERM). • Sécurisation des communications (ISG ISI) • Gestion de l'identité pour l'accès aux réseaux et services (ISG INS)

²⁵³ Sources : IERC (Internet of Things European Research Cluster), Internet of Things Global Standardisation - State of Play, 2014 ; RAND, Europe's policy options for a dynamic and trustworthy development of the Internet of Things, 2012 ; UIT, Perspective on IoT standardization, 2014 ; The physical web : <http://google.github.io/physical-web/>

Organisation	Principaux travaux
IEEE	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux sans fil à courte distance et bas débit (IEEE802.15.4) à l'origine de ZigBee et 6LoWPAN • Futurs réseaux d'automatisation industrielle (Time Slotted Channel Hopping TSCH) • P2413 : Un projet ambitieux d'architecture pour l'Internet des objets
IETF	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveau système d'adressage Internet (IPv6) et ses adaptations pour des réseaux à faible bande passante et faibles ressources (6lo) et pour les réseaux industriels (6TISCH)
OASIS	<ul style="list-style-type: none"> • Fiabilisation des échanges entre objets : protocole Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) et Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) • Interopérabilité des API: <i>Cloud</i> Application management for Platforms (CAMP) • Portabilité des applications <i>cloud</i> : Topology & Orchestration Specification for <i>Cloud</i> Applications (TOSCA) • Découverte et gestion automatique des objets : Device Profile for Web Services et Web Services Dynamic Discovery • Privacy : Privacy Management Reference Model et Privacy by Design for Software Engineers
OGC	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation des capteurs • Interfaçage et interopérabilité des capteurs et des actionneurs (SensorThings API)
One M2M	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de service M2M standardisée répondant aux enjeux de coûts et fonctionnels de l'industrie télécom et des différents verticaux
GS1	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiants uniques pour tous les objets (connectés ou non) : codes-barres, tags RFID, système de numérotation
3GPP	<ul style="list-style-type: none"> • 5G

Annexe 2 : Initiatives des consortiums privés pour des standards de l'Internet des Objets²⁵⁴

Nom du consortium	Objet	Principaux membre
The physical web	Proposer un protocole de communication normalisé qui permettra de connecter n'importe quel objet à n'importe quel smartphone indépendamment du système d'exploitation de ce dernier	Google
Allseen	Permettre l'adoption et accélérer le développement et l'évolution d'un modèle de connectivité et de communication interopérable des objets et des applications de l'Internet des objets	Electrolux, Haier, LG, Microsoft, Panasonic, Qualcomm, Sharp, Silicon Image, Sony, Technicolor, TP-Link
Open Interconnect Consortium	Permettre l'interopérabilité entre les marchés verticaux et les cas d'usages de l'Internet des objets	Atmel, Broadcom, Dell, Intel, Samsung, Wind River
Thread Group	Faire émerger un protocole réseau pour l'Internet des Objets, notamment pour les objets de la maison	Arm, Big Ass Fans, Freescale, Nest (Google), Samsung, Silicon Labs, Yale
Apple HomeKit (and Healthkit)	Proposer un modèle de connectivité pour permettre aux applications développées sur les systèmes d'exploitation d'Apple d'interagir avec les objets environnants	Apple
Industrial Internet Consortium	Influencer le développement de standards pour l'Internet des objets appliqué aux processus et systèmes industriels	AT&T, Cisco Systems, General Electric, IBM, Intel

²⁵⁴ Sources identiques à l'annexe 1.

Nom du consortium	Objet	Principaux membre
Confluens	Permettre l'interopérabilité de la domotique : développement d'une couche logicielle, qui permettra aux différents équipements dans la maison de dialoguer entre eux et ce quel que soient les protocoles filaires et sans fil qu'ils utilisent pour communiquer	Co-entreprise entre CDVI, Delta Dore, Hager, Legrand, Schneider Electric et Somfy

LES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT MONTAIGNE

- Université : pour une nouvelle ambition (avril 2015)
- Rallumer la télévision : 10 propositions pour faire rayonner l'audiovisuel français (février 2015)
- Marché du travail : la grande fracture (février 2015)
- Concilier efficacité économique et démocratie : l'exemple mutualiste (décembre 2014)
- Résidences Seniors : une alternative à développer (décembre 2014)
- Business schools : rester des champions dans la compétition internationale (novembre 2014)
- Prévention des maladies psychiatriques : pour en finir avec le retard français (octobre 2014)
- Temps de travail : mettre fin aux blocages (octobre 2014)
- Réforme de la formation professionnelle : entre avancées, occasions manquées et pari financier (septembre 2014)
- Dix ans de politiques de diversité : quel bilan ? (septembre 2014)
- Et la confiance, bordel ? (août 2014)
- Gaz de schiste : comment avancer (juillet 2014)
- Pour une véritable politique publique du renseignement (juillet 2014)
- Emploi : le temps des (vraies) réformes ? Propositions pour la conférence sociale de juillet 2014 (juillet 2014)
- Rester le leader mondial du tourisme, un enjeu vital pour la France (juin 2014)
- Pour une fonction publique audacieuse et « Business friendly » (avril 2014)
- Passion française. Les voix des cités (avril 2014)

- Alléger le coût du travail pour augmenter l'emploi : les clés de la réussite (mars 2014)
- 1 151 milliards d'euros de dépenses publiques : quels résultats ? (février 2014)
- Une nouvelle ambition pour l'apprentissage : dix propositions concrètes (janvier 2014)
- Comment renforcer l'Europe politique (janvier 2014)
- Améliorer l'équité et l'efficacité de l'assurance chômage (décembre 2013)
- Santé : faire le pari de l'innovation (décembre 2013)
- Afrique-France : mettre en œuvre le co-développement
Contribution au XXVe sommet Afrique-France (décembre 2013)
- Chômage : inverser la courbe (octobre 2013)
- Mettre la fiscalité au service de la croissance (septembre 2013)
- Vive le long terme ! Les entreprises familiales au service de la croissance et de l'emploi (septembre 2013)
- Habitat : pour une transition énergétique ambitieuse (septembre 2013)
- Commerce extérieur : refuser le déclin
Propositions pour renforcer notre présence dans les échanges internationaux (juillet 2013)
- Pour des logements sobres en consommation d'énergie (juillet 2013)
- 10 propositions pour refonder le patronat (juin 2013)
- Accès aux soins : en finir avec la fracture territoriale (mai 2013)
- Nouvelle réglementation européenne des agences de notation : quels bénéfices attendre ? (avril 2013)
- Remettre la formation professionnelle au service de l'emploi et de la compétitivité (mars 2013)
- Faire vivre la promesse laïque (mars 2013)
- Pour un « New Deal » numérique (février 2013)
- Intérêt général : que peut l'entreprise ? (janvier 2013)

- Redonner sens et efficacité à la dépense publique
15 propositions pour 60 milliards d'économies
(décembre 2012)
- Les juges et l'économie : une défiance française ?
(décembre 2012)
- Restaurer la compétitivité de l'économie française
(novembre 2012)
- Faire de la transition énergétique un levier de compétitivité
(novembre 2012)
- Réformer la mise en examen
Un impératif pour renforcer l'État de droit (novembre 2012)
- Transport de voyageurs : comment réformer un modèle à bout
de souffle ? (novembre 2012)
- Comment concilier régulation financière et croissance :
20 propositions (novembre 2012)
- Taxe professionnelle et finances locales : premier pas vers une
réforme globale ? (septembre 2012)
- Remettre la notation financière à sa juste place (juillet 2012)
- Réformer par temps de crise (mai 2012)
- Insatisfaction au travail : sortir de l'exception française
(avril 2012)
- Vademecum 2007 – 2012 : Objectif Croissance (mars 2012)
- Financement des entreprises : propositions pour la présiden-
tielle (mars 2012)
- Une fiscalité au service de la « social compétitivité » (mars 2012)
- La France au miroir de l'Italie (février 2012)
- Pour des réseaux électriques intelligents (février 2012)
- Un CDI pour tous (novembre 2011)
- Repenser la politique familiale (octobre 2011)
- Formation professionnelle : pour en finir avec les réformes
inabouties (octobre 2011)

- Banlieue de la République (septembre 2011)
- De la naissance à la croissance : comment développer nos PME (juin 2011)
- Reconstruire le dialogue social (juin 2011)
- Adapter la formation des ingénieurs à la mondialisation (février 2011)
- « Vous avez le droit de garder le silence... »
Comment réformer la garde à vue (décembre 2010)
- Gone for Good? Partis pour de bon ?
Les expatriés de l'enseignement supérieur français aux États-Unis (novembre 2010)
- 15 propositions pour l'emploi des jeunes et des seniors (septembre 2010)
- Afrique - France. Réinventer le co-développement (juin 2010)
- Vaincre l'échec à l'école primaire (avril 2010)
- Pour un Eurobond. Une stratégie coordonnée pour sortir de la crise (février 2010)
- Réforme des retraites : vers un big-bang ? (mai 2009)
- Mesurer la qualité des soins (février 2009)
- Ouvrir la politique à la diversité (janvier 2009)
- Engager le citoyen dans la vie associative (novembre 2008)
- Comment rendre la prison (enfin) utile (septembre 2008)
- Infrastructures de transport : lesquelles bâtir, comment les choisir ? (juillet 2008)
- HLM, parc privé
Deux pistes pour que tous aient un toit (juin 2008)
- Comment communiquer la réforme (mai 2008)
- Après le Japon, la France...
Faire du vieillissement un moteur de croissance (décembre 2007)
- Au nom de l'Islam...
Quel dialogue avec les minorités musulmanes en Europe ? (septembre 2007)

- L'exemple inattendu des Vets
Comment ressusciter un système public de santé (juin 2007)
- Vademecum 2007-2012
Moderniser la France (mai 2007)
- Après Erasmus, Amicus
Pour un service civique universel européen (avril 2007)
- Quelle politique de l'énergie pour l'Union européenne ?
(mars 2007)
- Sortir de l'immobilité sociale à la française (novembre 2006)
- Avoir des leaders dans la compétition universitaire mondiale
(octobre 2006)
- Comment sauver la presse quotidienne d'information
(août 2006)
- Pourquoi nos PME ne grandissent pas (juillet 2006)
- Mondialisation : réconcilier la France avec la compétitivité
(juin 2006)
- TVA, CSG, IR, cotisations...
Comment financer la protection sociale (mai 2006)
- Pauvreté, exclusion : ce que peut faire l'entreprise (février 2006)
- Ouvrir les grandes écoles à la diversité (janvier 2006)
- Immobilier de l'État : quoi vendre, pourquoi, comment
(décembre 2005)
- 15 pistes (parmi d'autres...) pour moderniser la sphère
publique (novembre 2005)
- Ambition pour l'agriculture, libertés pour les agriculteurs
(juillet 2005)
- Hôpital : le modèle invisible (juin 2005)
- Un Contrôleur général pour les Finances publiques (février 2005)
- Les oubliés de l'égalité des chances
(janvier 2004 - Réédition septembre 2005)

Pour les publications antérieures se référer à notre site internet :

www.institutmontaigne.org

INSTITUT MONTAIGNE



3i France
Adminext
Aegis Media France
Affaires Publiques Consultants
Air France - KLM
Allen&Overy
Allianz
Areva
Association Passerelle
AT Kearney
August & Debouzy Avocats
AXA
Baker & McKenzie
BearingPoint
BNI France et Belgique
BNP Paribas
Bolloré
Bouygues
BPCE
Caisse des Dépôts
Cap Gemini
Carbonnier Lamaze & Rasle
Carrefour
CGI France
Cisco
CNP Assurances
La Compagnie financière Edmond de Rothschild
Crédit Agricole
Cremonti
Davis Polk & Wardwell
De Pardieu Brocas Maffei
Development Institute International
EADS
EDF
Egon Zehnder International
Eurazeo
Eurostar
France Telecom
GDF SUEZ
Générale de Santé
Groupama
Hamer & Cie
Henner
HSBC France
IBM
International SOS
ISRP
Jalma
Jeantet Associés
KPMG SA
Kurt Salmon
La Banque Postale
Lazard Frères
Linedata Services
LIR
LVMH
M6

SOUTIENNENT L'INSTITUT MONTAIGNE

INSTITUT MONTAIGNE



MACSF
Malakoff Médéric
Mazars
McKinsey & Company
Média Participations
Mercer
Michel Tudel & Associés
Microsoft France
Ngo Cohen Amir-Aslani & Associés
OBEA
Ondra Partners
PAI Partners
Pierre & Vacances
PriceWaterhouseCoopers
Radiall
Raise
Rallye - Casino
Randstad
RATP
RBS France
Redex
Réseau Ferré de France
REXEL
Ricol, Lasteyrie & Associés
Roland Berger Strategy Consultants
Rothschild & Cie
RTE
Sanofi aventis
Santéclair
Schneider Electric Industries SA
Servier Monde
SFR
Sia Partners
Siaci Saint Honoré
SNCF
Sodexo
Sorin Group
Stallergènes
Suez Environnement
Tecnet Participations
The Boston Consulting Group
Tilder
Total
Vallourec
Vedici
Veolia
Vinci
Vivendi
Voyageurs du monde
Wendel
WordAppeal

SOUTIENNENT L'INSTITUT MONTAIGNE

Imprimé en France
Dépôt légal : avril 2015
ISSN : 1771-6756
Achévé d'imprimer en avril 2015

INSTITUT MONTAIGNE



COMITÉ DIRECTEUR

Claude Bébéar Président

Henri Lachmann Vice-président et trésorier

Emmanuelle Barbara, *Managing partner*, August & Debouzy Avocats

Nicolas Baverez avocat Gibson Dunn & Crutcher

Jacques Bentz Président, Tecnet Participations

Mireille Faugère Conseiller Maître, Cour des comptes

Christian Forestier, Ancien recteur

Marwan Lahoud, Directeur général délégué, Airbus Group

Natalie Rastoin Directrice générale, Ogilvy France

Jean-Paul Tran Thiet Avocat associé, White & Case

Arnaud Vaissié PDG, Président-directeur général, International SOS

Philippe Wahl Président-directeur général, Groupe La Poste

Lionel Zinsou Président, PAI partners

PRÉSIDENT D'HONNEUR

Bernard de La Rochefoucauld Président, Les Parcs et Jardins de France

CONSEIL D'ORIENTATION

PRÉSIDENT

Ezra Suleiman Professeur, Princeton University

Benoit d'Angelin, président d'Ondra Partners

Frank Bournois Co-Directeur du CIFFOP

Pierre Cahuc Professeur d'économie, École Polytechnique

Loraine Donnedieu de Vabres Avocate, associée gérante, JeantetAssociés

Pierre Godé Vice-président, Groupe LVMH

Michel Godet Professeur, Cnam

Françoise Holder, Administrateur, Groupe Holder

Philippe Josse Conseiller d'État

Marianne Laigneau Directrice des ressources humaines, EDF

Sophie Pedder Correspondante à Paris, *The Economist*

Hélène Rey Professeur d'économie, London Business School

Laurent Bigorgne Directeur



Big data et objets connectés Faire de la France un champion de la révolution numérique

Le Big data et les objets connectés sont porteurs d'une révolution qui va impacter tous les pans de l'économie et de la société. Ils représentent un potentiel de création de valeur estimé à 138 milliards d'euros en 2025 et interrogent l'ensemble des acteurs économiques sur leur capacité à se transformer. Leur développement suscite également de nombreuses interrogations liées à la sécurité des données, à la protection des droits des individus mais aussi à l'émergence de modèles économiques innovants.

La France dispose de nombreux atouts pour devenir un champion de la révolution numérique. Ce rapport identifie quatre axes pour coordonner les efforts conjoints de la puissance publique et des acteurs privés : diffuser l'excellence technologique dans le tissu économique, garantir la confiance entre les acteurs, renforcer la gouvernance du numérique et l'influence de France, et enfin répondre aux nouveaux besoins de compétences.